This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NEDL TRANSFER
HN 2GEG 2

Juv 3877.2
KE 157

Harvard College
Library

FROM THE LIBRARY OF

Horatio Stevens White

Class of 1873

PROFESSOR OF GERMAN, EMERITUS

Received June 12, 1935

Prof. H. S. Hicks

Kosmos für die Jugend.

Die

Denkwürdigsten Erfindungen

im

neunzehnten Jahrhundert.

A. D. White

Ithaca, June 12, 1882.

Kosmos für die Jugend.

Otto Spamer's
Illustrirte Jugend- und Hausbibliothek.

Erste Serie.

Neue gänzlich umgestaltete Auflage.

Zweite Gruppe.

Zweiter Band:

Das Buch denkwürdiger Erfindungen.

II.

Von

Louis Thomas.

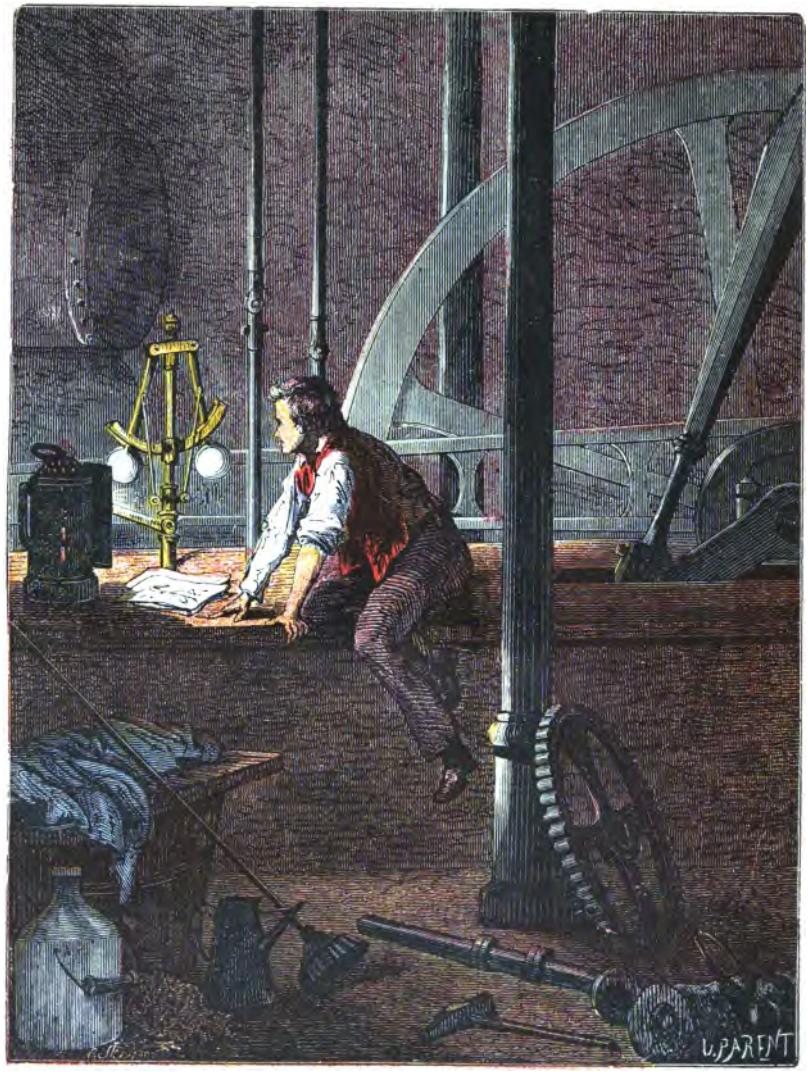
Sechste vermehrte, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Illustrationen, Ton- und Buntdruckbildern etc.

Leipzig.

Verlagsbuchhandlung von Otto Spamer.

1877.



Das Buch der Erfindungen. II. Band. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Der junge Maschinenheizer George Stephenson
in Betrachtung einzelner Theile der Dampfmaschine.

Jun 3877.2

HARVARD COLLEGE LIBRARY
FROM THE LIBRARY OF
PROFESSOR HORATIO STEVENS W
JUNE 12, 1935

„Es werde Licht!“

Sämmtliche Rechte vorbehalten, insbesondere das ausschließliche Recht zur Uebersetzung in die französische und englische Sprache.

Leipzig. Druck von Grimme & Trömel.

Die

Denkwürdigſten Erfindungen

im

neunzehnten Jahrhundert.

Schilderungen für die reifere Jugend.

In Verbindung mit F. Luckenbacher herausgegeben

von

Louis Thomas,
Direktor der Freiſchule zu Leipzig.

Sechſte vermehrte, umgearbeitete Auflage, durchgeſehen und verbeſſert

von

Richard Roth.

Mit über 120 Text-Illuſtrationen, fünf Tonbildern und einem bunten Titelbilde.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.

1877.

Jus 3877.2

HARVARD COLLEGE LIBRARY
FROM THE LIBRARY OF
PROFESSOR HORATIO STEVENS W[illegible]F
JUNE 12, 1935

„Es werde Licht!“

Sämmtliche Rechte vorbehalten, insbesondere das ausschließliche Recht zur Uebersetzung in die französische und englische Sprache.

Leipzig. Druck von Grimme & Trömel.

James Watt.

Dampf, Dampfmaſchinen, Eiſenbahnen und Dampfſchiffe.

I.

Die Erfindung der Dampfmaſchine.

Der Dampf, der gewaltige Sohn zweier gewaltigen Elemente, hat Großes geleiſtet auf Erden, lange bevor der erſte Menſch das Licht erblickte oder der erſte Grashalm geſchaffen war; denn er und ſeine beiden Erzeuger, Waſſer und Feuer, waren ohne Zweifel die

Hauptbaumeister und Bildner der Oberfläche unsers Planeten, und wenn sie auch hiermit in der Hauptsache längst fertig sind, so arbeiten sie im kleinern Maßstabe doch fort und fort noch an der Umgestaltung der Erde. Das Wasser reißt Landstücke ab und setzt anderswo deren an; es führt Erdreich und verwitterte Felstrümmer von den Höhen in die Tiefen und Meere; im Innern der Erdrinde aber arbeitet der aus Feuer und Wasser erzeugte Dampf noch gewaltiger, denn er ist ohne Zweifel die Ursache vieler Erdbeben und bei den Ausbrüchen feuerspeiender Berge ist er offenbar die wirkende Kraft; gespannte Wasserdämpfe sind es, welche die feuerflüssigen Lavamassen aus den Kratern hinaus bombardiren und oft mit solcher Kraft, daß sie in den Lüften zerstieben und erkaltet als sogenannte vulkanische Aschenregen herab kommen.

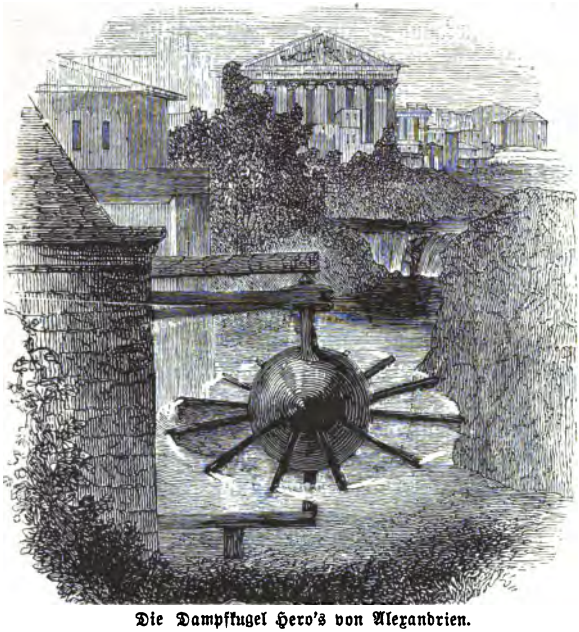
Feuer und Wasser haben sich die Menschen längst unterthan gemacht; aber die gezähmten Riesen werden, wie in Erinnerung ihrer einstigen Freiheit, nicht selten rebellisch und zeigen dann, wie stark sie den kleinen Menschen gegenüber sind. So hat seit Jahrtausenden das Feuer den Menschen erwärmt, ihm seine Metalle geschmolzen und seine Speisen gekocht, aber auch ab und zu seine Habe verzehrt. Das Wasser lieh dem Menschen seinen Rücken, um seine Lasten zu tragen, drehte seine Räder, die ihm die Felder bewässern oder sein Korn in Mehl verwandeln sollten, begrub aber auch unter Umständen Räder, Felder, Häuser und Menschen in seinen Fluten. Somit war das Wasser die vorzugsweise bewegende Kraft, die Quelle mechanischer Arbeit, welche außerdem durch Muskelkraft hätte beschafft werden müssen, und ist es auch bis vor nicht langer Zeit geblieben. Denn obwol die Menschen schon früh dunkle Ahnungen und Begriffe davon hatten, daß auch im Feuer gewaltige Kräfte schlummern möchten, so gelang es doch nur sehr allmählich, die Kraft des Feuers zu entschleiern, zu bändigen und nutzbar zu machen. Wir sagen Kraft des Feuers, denn wer sieht nicht, daß bei der Dampfmaschine nicht das Wasser, sondern das Feuer, also die Wärme das eigentlich Wirksame ist? Das Wasser ist der leidende Theil, das Zwischenmittel; es dehnt sich nicht von selbst zu Dampf aus, sondern *wird* von der Wärme ausgedehnt, wie jeder andere Körper, nur in einem besondern Maße, wie es seiner Natur entspricht. Gar nicht mit Unrecht wurden daher die Vorläufer der Dampfmaschine *Feuermaschinen* genannt; indeß da es einmal in der Natur des Menschen liegt, daß er sich in seinen Ausdrücken gern an das Nächstliegende hält, so haben wir nun Dampfmaschinen, Dampfwagen und Dampfkraft und reden von der Einführung des Dampfes als von einem weltgeschichtlichen Ereigniß. Und ein solches ist sie in der That. Keine Macht der Erde hat in wenigen Menschenaltern solche Umwälzungen hervorgebracht wie der unsichtbare Wasserdampf. Der Dampf, dieser neugeborene Riese, reicht mit seinen Eisenarmen in die Eingeweide der Erde, er fördert Tausende von Centnern ihrer Schätze an das Tageslicht herauf und verwandelt das geschmolzene Metall durch Schmieden und Walzen zum gewichtigen Barren oder zur feinsten Nadel. Wie auf das Gebot eines Zauberers entspringt aus der unförmlichen Masse das schlanke eiserne Schiff, der Dampf baut es, der Dampf bringt es in sein Element und durch den Dampf überflügelt es in seinem Laufe

seine hölzernen Mitkämpfer, deren eichene Rippen Jahrhunderte bedurften, um die gehörige Stärke zu erhalten. Der Dampf mahlt das Mehl zu dem Brote, das wir essen, er spinnt die Wolle und die Baumwolle zu unserer Bekleidung, er webt dieselbe und druckt die reiche Pracht der Blumen auf das leichte Gewebe. Tausende von Rädern werden durch den Dampf bewegt, jedes derselben könnte mit einem einzigen Drucke einen Menschen zu Staub zermalmen, und dennoch ist der Druck der schwächsten Kindeshand im Stande, dieselbe gewaltige Triebkraft zu hemmen.

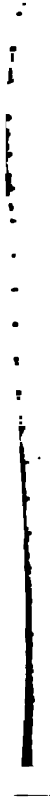
Treten wir in eine Fabrik und suchen bei dem wirren Getöse, dem Schwirren und Summen der Räder und Rädchen, dem Kreischen der Sägen und Bohrer, dem Dröhnen der wuchtigen Hämmer nach dem unsichtbaren Meister, der alle die Werke in Bewegung erhält, daß sie wie emsige Diener für den Menschen arbeiten, so finden wir ein kleines, zierlich gearbeitetes und sauber geputztes Ding, von dem es kaum glaublich erscheint, daß alle die gewaltigen Leistungen, denen wir begegneten, von ihm ausgehen sollen. Wie spielend bewegt sich die Kolbenstange in gleichmäßigem Takte auf und ab; ein Schwungrad läuft scheinbar müssig mit herum. Und doch müssen wir uns bald überzeugen, daß wir hier an der Quelle einer gewaltigen Kraft stehen; denn wir sehen, wie alles andere Triebwerk von der Hauptwelle aus seine Bewegung erhält; wie die Kraft durch Räder und Getriebe, eilfertige Laufriemen, Wellen oder andere Apparate fortgeleitet und überall hin vertheilt wird, wo man ihrer benöthigt ist, oft auf weite Entfernungen, hinauf und hinunter, in die Winkel und um die Ecken. Hier wird man uns vielleicht sagen, die Maschine arbeite so viel wie fünf oder zehn Pferde, auf Eisenbahnen und Dampfschiffen hören wir gar von funfzig, hundert und mehr Pferdekräften sprechen, und alle diese enormen Kräfte — sie entspringen auf die einfachste Weise aus etwas Wasser und etwas Kohlen; das Wasser wird zu Dampf, und der Dampf schiebt einen Kolben vor sich her, das ist das ganze einfach schöne Mittel zur Erreichung so großartiger Erfolge.

Nun dürfte wol die nächste Frage sein: was ist Dampf? Wenn man Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze aussetzt und seine Temperatur einen gewissen Grad der Höhe erreicht hat, so bemerkt man, daß eine Menge von Bläschen sich an den Boden des Gefäßes, da dieser der Flamme am nächsten ist, und demnächst auch an den Seitenwänden desselben ansetzen. Diese Bläschen lösen sich nach und nach ab, steigen im Wasser in die Höhe und zerplatzen an der Oberfläche. Bei weiterer Zuführung von Wärme tritt endlich das völlige Sieden des Wassers ein. Von diesem Punkte ab wird die siedende Flüssigkeit nicht heißer, man mag die Feuerung noch so sehr verstärken; nur die Dampfentwicklung wird lebhafter, weil nun alle zugeführte Hitze auf die Bildung von Dampf verwendet wird. Der entwickelte Dampf hat, um heraus treten zu können, einen gewissen Widerstand überwinden müssen, den ihm die zu durchbrechenden Wasserschichten und die auf diese drückende äußere Luft entgegen setzten. Diese Widerstände bezeichnet man als den Druck einer Atmosphäre und die Expansivkraft des Dampfes muß diesen Widerständen gleich sein.

Somit erhält man in einem offenen Gefäß nur Dampf von der Kraft einer Atmosphäre und nicht mehr. Auch ist derselbe in keinem Falle heißer als das Wasser, aus dem er ausgetreten; der große Antheil Wärme, den er mehr als das Wasser aufgenommen, ist, wie die Gelehrten sagen, latent oder gebunden, d. h. er ist nicht mehr als Wärme fühlbar und dient lediglich dazu, dem Wasser die Dampfform zu geben, ganz so wie eine große Menge Wärme latent wird, wenn man einen Kessel voll Schnee durch Feuer in eiskaltes Wasser umschmilzt. Wird der Dampf wieder zu Wasser, so wird auch seine latente Wärme wieder frei. Füllt man demnach ein Gefäß, das einen Raumgehalt von 30,400 Kubikcentimeter haben mag, mit Dampf von 100° Temperatur (nach dem 100theiligen Thermometer von Celsius, oder 80° nach dem von Réaumur), so wird derselbe, wie wir schon sahen, mit der Kraft einer Atmosphäre auf die Gefäßwandungen drücken. Nehmen wir nun 98 Kubikctmtr. eiskaltes Wasser und bringen es durch geeignete Vorrichtung zu dem Dampfe ins Gefäß, so wird derselbe augenblicklich seine Spannung verlieren, denn ein Theil seiner Wärme geht an das kalte Wasser über und erwärmt dieses bis zum Siedepunkt, während der Dampf selbst zu Wasser wird. Das Resultat sind 98 Kubikcentimeter Wasser von 100° Hitze. Aus diesem Experiment, wobei freilich vorausgesetzt wird, daß das Gefäß auch eine Temperatur von 100° habe und solche ihm erhalten werde, lernen wir Mehreres zugleich. Wir sehen erstens, daß die im Dampf gebundene Wärme nicht verloren gegangen ist; sie ist wieder frei geworden und befindet sich im freien Zustande in dem heißen Wasser, denn um 13 Kubikctmtr. Wasser ganz in Dampf zu verwandeln oder 98 Kubikcentimeter von 0° auf 100° zu erhitzen, ist genau dieselbe Wärmemenge erforderlich. Ferner sehen wir, daß der Dampf, nachdem er durch Abkühlung wieder zu Wasser zusammengeschrumpft ist, einen 1700mal kleinern Raum einnimmt. Es bleibt mithin in dem Gefäß, das als überall geschlossen gedacht werden muß, nach der



Die Dampfkugel Hero's von Alexandrien.



Verdichtung außer dem Wasser ein Raum von ca. 30,375 Kubikcentimeter übrig, in welchem gar nichts enthalten ist, auch keine Luft, denn diese war ja schon vorher durch den Dampf ausgetrieben. Dieser luftleere Raum nun ist die Ursache, daß die äußere Luft mit der Kraft einer Atmosphäre von allen Seiten auf das Gefäß drückt. Wäre das Gefäß nun so geformt, daß irgend ein Stück seiner Wandungen nach innen verschiebbar wäre, so würde dies mit um so größerer Kraft nach innen gedrückt werden, je mehr Quadratzoll Fläche es dem äußern Luftdrucke darböte, d. h. je größer es wäre. Denken wir uns das Gefäß als eine weite, unten dicht und oben mit einem beweglichen Kolben verschlossene Röhre, so haben wir in der Hauptsache bereits die weiterhin zu besprechende atmosphärische Dampfmaschine. Behandelte man den in einem Gefäße isolirten, d. h. nicht mehr mit Wasser in Berührung stehenden 100gradigen Dampf noch weiter mit Hitze, so würde er sich ganz wie die Luft und jeder andere gasförmige Körper verhalten: er würde bei jeder Steigerung der Hitze sich mehr auszudehnen streben und daher mit immer stärkerer Gewalt gegen die Wände des Gefäßes pressen. Ist im Gefäß, wie in einem Dampfkessel, Wasser und Dampf zugleich enthalten, so verhalten sich die Dinge etwas anders, wie wir gleich sehen werden.

Der Siedepunkt einer Flüssigkeit richtet sich, wie schon angedeutet, nicht allein nach der Natur derselben, sondern auch nach dem Widerstande, den die gebildeten Dämpfe zu überwinden haben, um frei zu werden. Daher siedet Wasser auf hohen Bergen bei einem geringern Hitzegrade, weil dort der Luftdruck geringer ist, und unter der Luftpumpe kann man schon mäßig warmes Wasser zum Sieden bringen. Daraus folgt, daß, wenn die Widerstände nicht verringert, sondern vermehrt werden, auch eine stärkere als die gewöhnliche Erhitzung nöthig sein wird, wenn man das Sieden hervorbringen, also Dampf erzeugen will. Es befindet sich demnach in einem Dampfkessel, aus welchem der Dampf gar nicht oder nur allmählich entweichen kann, Wasser und Dampf von 1 Atmosphäre Spannung; beide haben, wie wir wissen, dieselbe Temperatur, die gewöhnliche Siedhitze, 100^0 des hunderttheiligen Thermometers. Der Dampfraum hat so viel Dampf gefaßt, als er überhaupt bei 100^0 aufnehmen kann: er ist, wie man sagt, gesättigt; auch der Dampf kann den sich etwa noch entwickelnden neuen Dampftheilchen keinen Raum mehr abtreten, demnach ist er gesättigt. Geht unter diesen Umständen die Heizung fort, so kann dieser Zustand nicht andauern. Es muß nun zunächst das Wasser heißer als 100^0 werden, um noch mehr Dampf entwickeln zu können; das heißere Wasser giebt aber auch stärker gespannte Dämpfe aus, denn diese könnten ja gar nicht auftreten, wenn sie nicht den schon vorhandenen Druck überwinden könnten; der schon vorhandene Dampf muß nun bei dieser höhern Temperatur doch nachgeben und den Raum mit dem neuen theilen, bis wieder Sättigung eintritt. Die größere Dampfmenge bei gleichbleibendem Raume ist natürlich mehr zusammengepreßt und preßt also infolge ihrer Elastizität mit derselben größern Gewalt wieder nach außen; die Dampfspannung ist eine größere geworden. Diese Steigerung tritt sehr rasch ein: sie ist, wie gesagt, bei einer Wasserhitze von 100^0 1 Atmosphäre,

bei 120° schon 2, bei 144° 4, bei 200° 16 Atmosphären. Erinnern wir uns, daß der Dampf von 1 Atmosphäre Druck auf jeden Quadratzoll seiner Umgebung mit einer Kraft von 7 Kilogramm drückt, und nehmen wir diesen Druck 4-, 8-, 16fach, so wird es begreiflich, welcher ungeheuern Kraftäußerung der eingesperrte Dampf fähig ist. Wir wollen dies durch einige Beispiele erläutern. Man kann durch Verbrennung von 66 Gramm Kohle 430 Kubikctmtr. Wasser in Dämpfe verwandeln und erhält dadurch die ungeheure Masse von 890,250 Kubikctmtr. Wasserdämpfen, welche unter einem Drucke gleich dem der atmosphärischen Luft erzeugt wurden und mittels deren man eine Last von 180 Ctrn. einen Meter hoch heben kann. Gestattet man diesen Dämpfen sich auszudehnen, so erhält man durch deren Elastizität noch einen zweiten Effekt, welcher dem ersten fast gleichkommt.

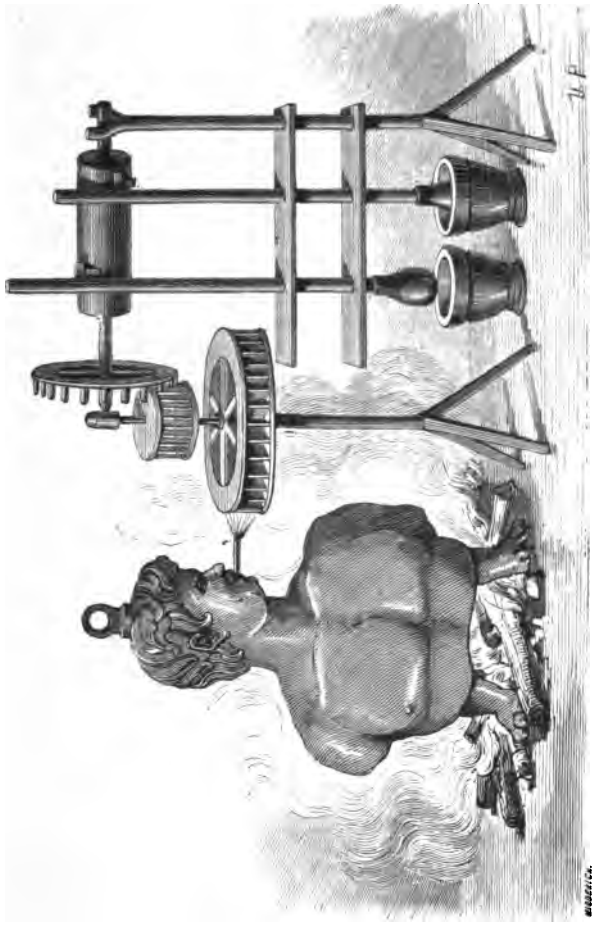
Fragen wir nun weiter, wer die Dampfmaschine, dieses gewaltige Rüstzeug des heutigen Menschen, geschaffen, erdacht oder erfunden, so kann man wol sagen, diese Erfindung sei für einen Menschen zu groß gewesen; wir haben keinen eigentlichen Erfinder, sondern immer nur Verbesserer, die Das, was sie bereits vorfanden, um einen Schritt weiter führten. Die Dampfmaschine ist wie eine edle Frucht nach und nach heran gereift; sie ist ein Kind des forschenden, rührigen, erwerbslustigen Geistes der Neuzeit.

Es beschreibt uns schon Hero von Alexandrien, ein griechischer Philosoph, der 150 Jahre vor Christus lebte, in einem seiner auf uns gekommenen Werke unter andern Apparaten auch eine Dampfkugel, die gewöhnlich als Heronsball in erster Stelle aufgeführt wird, wenn von der Geschichte der Dampfmaschinen die Rede ist. Wir haben sie diesem Gebrauche folgend auf Seite 4 ebenfalls abbilden lassen. Eine hohle Metallkugel ist oben und unten durch Zapfen gestützt und hat auf ihrem Umfange eine beliebige Anzahl Röhren, die vorn verschlossen sind, aber nach der Seite zu, und zwar alle nach einer, eine Oeffnung haben. Befindet sich nun in der Kugel etwas Wasser, das durch Feuer in Dampf verwandelt wird, oder leitet man aus einem andern Gefäße Dampf von unten in die Kugel, so wird er endlich zu den Seitenlöchern der Röhren heraus fahren und die Kugel wird nach der entgegengesetzten Seite hin in rasche Umdrehung kommen. Die Vorrichtung wird demnach wie ein Feuerwerksrad, nämlich durch Rückstoß getrieben, und würde sich eben so gut gedreht haben, wenn man Luft oder Wasser hindurch gepumpt hätte.

Selbst die alten Deutschen kannten, nach einem einzelnen Vorkommniß zu schließen, schon die Kraft der Wasserdämpfe, aber das Geheimniß lag, wie damals alle Gelehrsamkeit, in den Händen der Priester. Man bewahrt noch jetzt in Sondershausen ein Götzenbild, den sogenannten Püsterich, durch das die alten Priester dem Volke den Zorn der Gottheit erkennbar zu machen pflegten. Die Figur ist etwa 65 Centimeter hoch, aus Erz gegossen und hohl, die einzigen Oeffnungen bilden die beiden Augen. Beim Götzendienste füllten die Priester den Körper mit Wasser, verstopften die Augen mit Pflöcken und zündeten dann im Innern des Thrones, auf welchem das Götzenbild saß, Feuer an. Sobald das Wasser ins Kochen kam, trieben die Dämpfe die Pflöcke aus den Augen,

strömten mit heftigem Getöse aus den beiden Oeffnungen hervor und verhüllten das Götzenbild in einen dichten Nebel. So wurde der Zorn der Gottheit der staunenden Menge augenscheinlich dargestellt.

Im 17. Jahrhundert gaben sich unterschiedliche Physiker damit ab, die Idee des Heronsballes in neue Gestalten zu bringen. Unter andern gab es da Dampfkugeln mit einem einzelnen aufrechten Rohr, auf welchem der Dampf einen Ball in tanzender Bewegung erhielt. Auch an nützliche Beschäftigung wurde gedacht, wie z. B. bei dem hier bildlich mitgetheilten Plane des Italieners Branca, wo ein richtiger Püsterich ein paar Stampfen in Bewegung setzen soll. Wäre das Projekt nicht blos auf dem Papiere ausgeführt worden, so würde der gute Mann gefunden haben, daß er sein Holz vergebens verbrenne. Nur der gefangene und nach Freiheit strebende Dampf kann schwere Arbeit leisten, nicht der bereits ausgetretene, denn sonst könnte man über jedem Dampfschlot noch Maschinen gehen lassen.



Branca's Idee eines Dampftriebwerks.

Doch von solchen Spielwerken bis zur wirklichen mechanischen Benutzung des Dampfes war noch ein weiter Schritt, und manches Jahrhundert mußte noch vergehen, ehe er gelang. Die erste Spur von einem hierauf bezüglichen Versuche findet sich in Spanien vor. Der Seekapitän Blasco de Garay trat mit einer

Maschine auf, durch welche er Schiffe ohne Ruder und Segel treiben wollte. Auf Befehl Karl's V. wurde im Jahre 1545 im Hafen von Barcelona ein Versuch damit gemacht. Garay verbarg die Beschaffenheit seiner Maschine und man sah nur, daß sie aus einem großen Wasserkessel bestand, und daß sich Räder auf beiden Seiten des Schiffes befanden. Das Schiff von 200 Tonnen Last legte angeblich in zwei Stunden drei Seemeilen zurück. Der Erfinder wurde belohnt, aber seine Erfindung blieb liegen, entweder weil die Sache nach Angabe eines Zeugen verwickelt, kostspielig und gefährlich war, oder wegen anderer Hemmnisse, vielleicht Pfaffenintriguen. Ueber das Wesen von Garay's Maschine wissen wir nichts; eben so wenig können wir uns Rechenschaft darüber geben, was gemeint ist, wenn der Prediger Johann Mattheſius zu St. Joachimsthal in Böhmen, ein vertrauter Freund Luther's, in seiner 1562 in Nürnberg erschienenen Sarepta oder Bergpostille von einem Manne erzählt, der jetzt „anfinge, Berg (Stein und Erz) und Wasser mit Feuer zu heben."

Die Franzosen oder speziell der gelehrte Arago hat dafür gesorgt, aus jener alten Zeit unter dem Namen Salomon de Caus einen französischen Erfinder herzustellen, der aber mit der Dampfmaschine gar nichts zu thun hatte und übrigens ein Deutscher war. Derselbe hatte 1615 zu Paris eine kleine Schrift, „Raison des forces mouvantes" (Lehre von den bewegenden Kräften), herausgegeben und sie einige Jahre später, als er in Heidelberg lebte, noch einmal deutsch in Frankfurt erscheinen lassen mit der Bemerkung: „Zuerst in französischer, nunmehr aber in unserer teutschen Muttersprache herausgegeben von Salomon von Caus, Ingenieur und Architekt seiner Churpfälzischen Eminenz." Das genannte Buch beschäftigt sich hauptsächlich mit Springbrunnen und andern Wasserkünsten und enthält u. a. eine Angabe, wie man Wasser mit Hülfe des Feuers über seinen natürlichen Stand steigen lassen kann. Das geschieht so: in eine kupferne Hohlkugel ist ein Standrohr eingelöthet, dessen unteres Ende bis nahe an den Boden der Kugel reicht. Neben dem langen Rohr steht noch ein kurzes mit Schließhahn versehenes, das zum Einfüllen von Wasser dient. Wird nun unter die Kugel Feuer gemacht und das Wasser bis zum Sieden erhitzt, so treten die gebildeten Dämpfe in der Kugel zu oberst, drängen auf die Wasserfläche und bewirken das Aufsteigen im Rohr in derselben Weise, wie in den Apparaten der Trinkanstalten das Wasser durch den Druck der Kohlensäure empor getrieben wird. Dieser Caus'sche Apparat ist nichts als eine Fontaine, und kann schon damals keine Neuigkeit mehr gewesen sein, wird auch von Caus nicht als eigene Erfindung ausgegeben. Er hätte nur da einen Sinn, wo es sich darum handelte, Wasser gleichzeitig zu erhitzen und nach oben zu schaffen. Was sonst von den Schicksalen de Caus' erzählt wird, ist eine Sage, wie sie nur in Frankreich entstehen konnte. Man läßt ihn im Pariser Irrenhause enden, wohin ihn der Kardinal Richelieu sperren ließ, weil er ihn mit seiner „Erfindung" zu stark überlaufen habe. Die ganze Geschichte ist aber vor kaum 30 Jahren erst erfunden worden, und zwar zu keinem andern Zweck, als um einen übrig gebliebenen Holzschnitt, der einen Narren im Gefängniß vorstellte, für ein Familien-Journal nutzbar zu machen. Der Stock verlangte einen Text, und

Henry Berthoud schrieb ihn. Maler und Bühnendichter bemächtigten sich dann des Stoffes, der für die meisten Franzosen noch jetzt eine ausgemachte Wahrheit ist. Hätten aber die Franzosen in solcher Weise einen Erfinder wirklich verkommen lassen, so sollte man denken, daß sie sich schämen und schweigen würden. Sie beuten aber im Gegentheil die Fabel noch dahin aus, daß sie behaupten, im Irrenhause habe der englische Marquis von Worcester de Caus besucht, sich seine Idee erklären lassen und nun das gestohlene geistige Gut nach England verschleppt.

Der Marquis von Worcester, den ihrerseits die Engländer unverdient zum Vater der Dampfmaschine stempeln wollen, ein Plänemacher und Aufschneider, der gleich ein ganzes „Hundert von Erfindungen", eigentlich aber Hirngespinnsten, herausgegeben hat, lebte zur Zeit der Bürgerkriege, welche unter Karl I. England zu einem Tummelplatze aller Leidenschaften machten. Auf Seiten des Königs stehend, verlor er Alles, was er besaß, und wurde endlich in Irland eingekerkert. Von dort gelang es ihm zu entkommen. Er floh nach Frankreich, wagte sich indessen, im Auftrage der verbannten Familie seines Königs, wieder nach England, wurde abermals gefangen und in den Tower gebracht. Hier bildete er angeblich seine Dampf-Idee weiter aus und äußert sich darüber in seinem Buche folgendermaßen:

„Ich habe eine wunderbare und kräftige Art erfunden, das Wasser durch Feuer zu heben, nicht durch eine Saugpumpe, bei welcher, wie bekannt, die Höhe der Ansaugung begrenzt ist, sondern auf eine andere Art, wo, sobald ich die Gefäße nur fest genug machen konnte, die Höhe, zu welcher ich das Wasser heben kann, unbeschränkt ist. Nachdem ich nun die Art und Weise gefunden hatte, meine Gefäße stark genug zu machen, daß sie dem innern Drucke widerstehen konnten, füllte ich ein Gefäß nach dem andern abwechselnd mit kaltem Wasser und erlangte durch die Anwendung der Dämpfe eine Fontaine, welche ohne Unterlaß einen Strahl von etwa 13 Meter Höhe gab. Ein Raumtheil in Dämpfe verwandeltes Wasser trieb mir auf solche Weise 40 Raumtheile kalten Wassers empor und es bedurfte nur eines Mannes, welcher nichts weiter zu thun hatte, als zwei Hähne zu drehen, um entweder Dämpfe in das gefüllte Gefäß oder kaltes Wasser in das entleerte zu leiten. Dabei aber mußte das Feuer stets lebhaft unterhalten werden."

Daß dieser Apparat niemals ausgeführt worden ist, steht außer Zweifel. Auch Zeichnungen hat der Marquis nicht davon gegeben. Er starb, nachdem er sich 1663 seine 100 Erfindungen hatte patentiren lassen, schon 1667.

Nunmehr aber führt uns die Erfindungsgeschichte auf einen Mann mit mehr Gehalt und Wissen, der zum ersten Male den allein richtigen Weg zur Dampfmaschine einschlug, der sie eigentlich erfand und doch wieder liegen ließ, weil die äußern Umstände ihm nicht förderlich waren und er selbst als Gelehrter ein ziemlich unpraktischer Mensch in Geschäften war. Dies ist Denis Papin, ein geborener Franzose, der aber als Hugenot nach der Aufhebung des Edikts von Nantes aus seinem Heimatlande fliehen und wie Tausende Anderer sich ins Ausland retten mußte. Als junger Mediziner kam er nach London, studirte dort

ausschließlich Physik und wurde 1681 Mitglied der dortigen Gelehrtenakademie, ging dann auf Einladung ein paar Jahre nach Venedig und dann wieder nach London zurück. Seine erste technische Leistung aus damaliger Zeit, die ihn in Ruf brachte, war der Digestor oder der bei uns sogenannte papinianische Topf, eigentlich ein Hochdruckdampfkessel mit Sicherheitsventil, in welchem der Dampf weit über den Siedepunkt erhitzt werden und so zum raschen und eindringlichen Sieden und Zerkochen (z. B. Knochen zu Brei) benutzt werden kann.

Denis Papin bei seinem Versuche zur Befahrung der Weser mit Hülfe des Dampfes. Bedrohung desselben durch Schiffer.

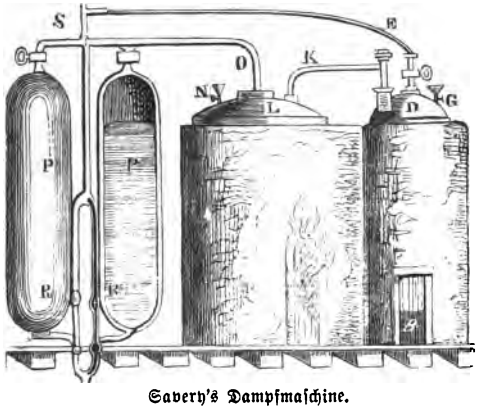
In mehreren technischen Fabrikzweigen leistet diese Anwendung gespannter Dämpfe jetzt wesentliche Dienste, auch für den Küchengebrauch sind derartige kleinere Apparate unter dem Namen „Schließtopf" neuerdings wieder eingeführt worden. Nach England zurückgekehrt, beschäftigte sich Papin zunächst mit einem Apparate, um Wasserkräfte mittels Luftdruck auf entfernte Stellen zu versetzen, d. h. durch

Wasser die Luft in Röhrenleitungen so zu verdichten, daß sie beim Austritt am andern Ende eine mechanische Arbeit leisten kann. Die Sache schlug fehl und Papin hatte sein Vermögen zugesetzt. Jedenfalls konnte man die Apparate nach dem damaligen Standpunkte der Technik noch nicht gehörig ausführen, denn die Idee an sich ist gut und bei der Tunnelbohrung durch den Mont Cenis ist die Sache ganz ausgezeichnet gegangen.

Papin ging nun nach Deutschland, denn der Landgraf Karl von Hessen-Kassel hatte ihn zu einer Professur der Mathematik an der Universität Marburg berufen. Hier und in Kassel setzte er seine Erfindungsbestrebungen fort. Er suchte nun eine Kraft, welche durch Hebung und Senkung eines Kolbens in einer glatten Röhre wirken sollte. Der Kolben ist aber das eigenste Stück der Dampfmaschine. Anfänglich trieb er den Kolben durch langsam verbrennendes Schießpulver empor, öffnete dann einen Hahn zum Austritt der Gase, worauf der äußere Luftdruck den Kolben wieder nieder trieb. Später, etwa 1690, ging er zum Wasserdampf über, indem er in seine Röhre selbst etwas Wasser brachte, dieses durch darunter befindliches Feuer verdampfte und dann den Dampf durch Einspritzen kalten Wassers wieder verdichtete. So konnte er mit seinem Modell, dessen Cylinder nur 5 Centimeter Durchmesser hatte, jede Viertelminute ein Gewicht von 30 Kilogr. auf die ganze Länge des Cylinders heben. Er ging aber weiter und kam auf den abgesonderten Kessel, auf den Hochdruck, indem er den Dampf unverdichtet entweichen ließ, und gab an, wie man mittels einer Kurbel die geradlinige Bewegung in eine umlaufende verwandeln könne. Es existiren über diese Einzelnheiten verschiedene Briefe, die Papin an Gelehrte, unter andern an unsern berühmten Leibnitz schrieb. Endlich brachte er ein kleines Dampfboot mit zwei Schaufelrädern zu Stande, auf welchem er nach England reisen wollte, wo er sich von seinen Arbeiten mehr Erfolg als in Deutschland versprach. Als er aber aus der Fulda in die Weser einfuhr, wurde ihm sein Boot von Schifferknechten zerstört, die in der neuen Erfindung eine große Konkurrenz fürchteten. Papin starb bald darauf und die weitere Ausbildung der Dampfmaschine vollzog sich nun auf englischem Boden, denn während eine solche Helferin in Deutschland damals noch gar nicht gewürdigt werden konnte, war sie in England dringend gesucht. Die dortigen Kohlenbergwerke waren schon damals häufig sehr in die Tiefe getrieben und die Herausschaffung des Wassers durch gewöhnliche Pumpen wurde daher so kostspielig, daß man gar nicht mehr mit Nutzen arbeiten konnte. Also Wasserhebemaschinen brauchte und suchte man, und Pläne dazu tauchten in Menge auf.

Die erste einigermaßen in Gebrauch gekommene Maschine war die von Savery, merkwürdig genug eine solche ohne Kolben, obgleich Papin dieses Hauptstück bereits eingeführt hatte. In dieser Maschine hatte der Dampf eine doppelte Leistung, einmal drückte er Wasser nach oben und dann wurde er verdichtet, um einen auffaugenden leeren Raum zu erzeugen, der neues Wasser aus der Tiefe zog. Die Maschine hatte gewöhnlich Kessel und Cylinder doppelt, um abwechselnd zu heben und so einen ziemlich ununterbrochenen Ausfluß zu gewinnen. Indem wir das Wesen derselben kurz erklären wollen, brauchen wir

uns Kessel und Cylinder als nur einzeln vorhanden zu denken. Zwischen beiden ist dann oben ein einfaches Verbindungsrohr, das durch einen Hahn abzuschließen ist. In unserer Abbildung ist der eine Cylinder im Durchschnitt dargestellt, wie er größtentheils mit Wasser gefüllt ist. Das ist der Moment, wo der Dampfhahn geöffnet wird. Der eindringende Dampf drückt das Wasser nach unten und zwingt es in dem daneben befindlichen Steigrohr nach oben zu steigen. Letzteres Rohr hat ein nach oben schlagendes Ventil, welches das Wasser durch-, aber nicht wieder zurück läßt. Außerdem mündet in den Cylinder noch ein zweites, nach unten in den Schacht oder Brunnen gehendes Rohr, das Saugrohr, mit einem eben solchen Ventil wie das vorige. Hat nun der Dampf das Wasser verdrängt und sich an dessen Stelle gesetzt, so läßt man aus einem Reservoir kaltes Wasser über den Cylinder strömen. Hierdurch wird der Dampf in demselben zu Wasser verdichtet und ein leerer Raum erzeugt, der aber alsbald wieder gefüllt wird durch das Wasser, das nun in Wirkung des Luftdrucks im Steigrohr herauf und, das Ventil aufstoßend, in den Cylinderraum eindringt, um gleich darauf durch eingelassenen Dampf wieder fort nach oben geschafft zu werden.



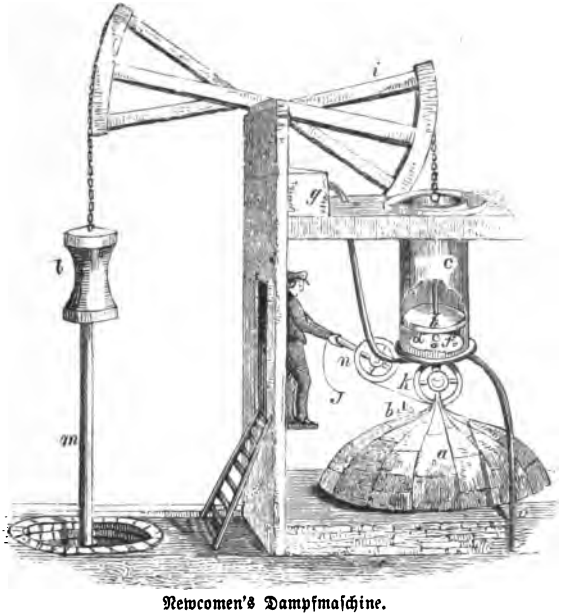
Savery's Dampfmaschine.

Die so im Grunde gar nicht übel erdachte Maschine hat aber einen Hauptfehler, nämlich daß in ihr beständig kaltes Wasser und heißer Dampf in unmittelbare Berührung kommen, noch bevor der letztere seine Arbeit geleistet hat. Diese kalte Berührung aber erschlafft natürlich seine Kraft ganz bedeutend, denn es wird ein guter Theil zu Wasser und muß durch vermehrten Zufluß ersetzt werden; die Spannkraft verwandelt sich in unnütze Wärme, die sich den obern Wasserschichten mittheilt. Mit der verbrauchten Dampfmenge würde man heutzutage leicht die 10—12fache Arbeit leisten können. Auch war die Maschine eben jenes Fehlers halber nicht sehr kräftig, denn zu der Hubhöhe von 14 Meter, welche die Saugpumpe leistete, und welche nicht vergrößert werden kann, kam etwa noch die gleiche Höhe, die sich durch den Dampfdruck erreichen ließ. Die Maschine kam deshalb auch wenig in Aufnahme, aber sie gab doch die Veranlassung, daß bald etwas Besseres zum Vorschein kam, die Maschine Newcomen's.

Newcomen, seines Zeichens ein Schlosser, hatte Gelegenheit gehabt, Savery's Maschine in Thätigkeit zu sehen; er erkannte ihre Mängel und machte sich daran, etwas Besseres zu schaffen. Seine Maschine kam 1705 zu Stande und sie ist nichts anderes als die von Papin wenigstens zehn Jahre früher angegebene, viel besprochene und beschriebene atmosphärische Maschine. Ob aber Newcomen

aus Papin oder aus sich selbst geschöpft habe, wird sich in unserer Zeit nicht mehr aufklären lassen. Papin that sogar noch etwas für Savery's Maschine, indem er einen Schwimmer angab, eine mit dem Cylinderwasser steigende und sinkende Scheibe, welche die direkte Berührung zwischen Dampf und Wasser verhinderte und sogleich eine Ersparung der vollen Hälfte des Dampfes bewirkte.

In Newcomen's Maschine bildet der Dampfcylinder c den Haupttheil. Derselbe ist unten geschlossen, oben aber offen, und es kann sich in ihm ein massiver Kolben h luftdicht auf- und ab bewegen, der eine kurze Kolbenstange über sich hat, welche mittels einer Kette an das Ende eines Wagebalkens i befestigt ist, der seinen Unterstützungspunkt in seiner Mitte auf einer Wand oder einem Pfeiler findet und so einen sogenannten doppelarmigen Hebel bildet. An dem andern Arme dieses Wagebalkens (Balanciers) hängt, ebenfalls an einer Kette, die Kolbenstange m einer Pumpe, welche dazu bestimmt ist, das Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche der Erde zu bringen. An beiden Enden des Wagebalkens sind übrigens Bogen in Form von Kreisstücken angebracht, um dadurch die stets senkrechte Richtung der beiden Ketten zu erhalten.



Newcomen's Dampfmaschine.

Der Boden des Cylinders c hat drei Oeffnungen d, e und f, welche durch Ventilhähne geschlossen werden können. Unter der mittlern Oeffnung e ist das Dampfrohr, welches den Dampf aus dem unterhalb des Cylinders stehenden Dampfkessel a unter den Kolben h führt, so daß, wenn das Ventil bei k geöffnet ist, der eintretende Dampf den Kolben in dem Cylinder c in die Höhe treibt. Dadurch und durch das Hülfsgewicht l wird die Pumpenstange m in den Brunnen gesenkt und das Wasser desselben tritt durch das Ventil über den Pumpenkolben. Hat nun der Dampfkolben h seinen höchsten Stand erreicht, so ist der Cylinder vollständig mit Wasserdampf gefüllt. Dann wird der Hahn n geöffnet, welcher ein Rohr geschlossen hielt, das mit dem Wasserbehälter g einerseits und mit dem innern Raume des Cylinders c anderer-

seits durch die Oeffnung d in Verbindung steht. Durch Oeffnung des Hahnes tritt nun ein Strom kalten Wassers unter den Kolben h und verdichtet den dort befindlichen Dampf. Das dadurch gebildete Wasser fließt, zugleich mit dem bei d eingetretenen, durch die Oeffnung f in das Rohr o ab. Sowie die Leere unter dem Kolben erzeugt ist, drückt die atmosphärische Luft mit einem Gewicht von 14 Pfd. auf den Quadratzoll auf dessen Oberfläche. Er muß sich also in dem Cylinder abwärts bewegen und dadurch die Kolbenstange m und das über dem Kolben derselben stehende Wasser nach oben ziehen. Die Kraft, welche die Maschine entwickeln kann, hängt sonach ganz von der Größe des Kolbens, also vom Durchmesser des Cylinders ab. Newcomen übergoß anfänglich seinen Cylinder äußerlich mit Wasser, um den Dampf im Innern zu verdichten. Nun begab es sich, daß einmal eine Maschine von selbst ungewöhnlich rasch zu arbeiten anfing; man forschte nach und fand, daß der Kolben undicht geworden war und von dem zum bessern luftdichten Verschluß auf ihm stehenden Wasser etwas ins Innere abfließen ließ. Dieser glückliche Zufall führte denn natürlich sogleich auf das Einspritzen von Wasser in den Cylinder selbst. An dem Kessel a befindet sich übrigens noch ein Sicherheitsventil b, welches sich öffnet, sobald der Druck des Dampfes im Kessel mehr als $1\frac{1}{2}$ Kilogr. auf den Quadratctmtr. beträgt.

Aus Obigem ersehen wir, daß in den Cylinder abwechselnd Dampf und kaltes Wasser einzulassen war. Die dazu nöthigen Oeffnungen und Schließungen wurden anfänglich mit der Hand ausgeführt und mußte das mit viel Aufmerksamkeit und Pünktlichkeit geschehen, wenn anders die Maschine einen gleichförmigen Gang haben sollte. Die Maschinen machten etwa 10 Hube in der Minute, was also 20 Handgriffe des Oeffnens und Schließens erforderlich machte. So wichtig diese Beschäftigung war, so langweilig war sie aber auch, und es ist nicht zu verwundern, wenn die Knaben, denen man diese Arbeit übertrug, dieselbe nicht eben angenehm fanden. So ging es auch Henry Potter, einem der Knaben, die bei der Maschine in Cornwallis die Hähne drehen mußten. Lebhaft und aufgeweckt wie er war, mochte er lieber mit andern Jungen spielen, und so kam er auf die Idee, ob sich nicht die Sache so einrichten ließe, daß sie sich ohne sein Zuthun von selbst mache. Er sah, daß der Dampfhahn stets geöffnet werden mußte, wenn der Balancier an der tiefsten Stelle angelangt war, der Kaltwasserhahn dagegen, wenn jener oben war. Er nahm nun zwei Bindfäden, knüpfte sie mit dem einen Ende an den Balancier, mit dem andern an die Hebel der Hähne, und bemaß und ordnete Alles so gut, daß er in der That seine Erwartungen erfüllt sah. Die Mechaniker hatten in der Folge nichts weiter zu thun, als die Bindfäden durch eiserne Stäbe zu ersetzen. Diese Erfindung eines Knaben, die sogenannte Steuerung der Maschine, war von einer unberechenbaren Wichtigkeit, indem sie die Maschine unabhängig von der oft sehr unzuverlässigen Aufmerksamkeit der Aufseher machte, mit einem Worte, sie erst als Maschine darstellte, während sie bis dahin nur ein Geräth gewesen war.

Die Newcomen'sche Maschine ist ihrer Zeit in den englischen Kohlenwerken zur Entwässerung viel gebraucht worden. Da man aber mit einem Saugrohr nicht weit in die Tiefe gehen kann, so müssen Pumpensätze angewandt worden

James Watt ſtudirt die Erfindung von Newcomen's Dampfmaſchine.

sein, d. h. über einander stehende Pumpen, die alle von einem auf und nieder gehenden Balken getrieben werden, und wo jede ihr Wasser in einen Kasten ergießt, aus dem es von der darüber stehenden wieder aufgesaugt und eine Etage höher gehoben wird.

Nach der Verbesserung, welche durch Henry Potter 1718 durch Hinzufügung der Steuerung an der Dampfmaschine bewirkt worden war, wurde dieselbe noch durch Brindley, Smeaton u. A. in England, und in Deutschland durch Fischer von Erlach und Leupold weiter ausgebildet. Eine vollständige Umwandlung aber fand durch James Watt statt, welcher die bisher noch immer ziemlich unzulängliche und unbehülfliche Maschine im höchsten Grade vervollkommnete und damit befähigte, in alle Fabriken und Werkstätten einzugehen, wo bewegende Kraft gebraucht wird.

James Watt, geboren 1736 zu Greenock in Schottland, war von Jugend auf sehr schwächlich; man schonte ihn deshalb und überließ ihn den Vergnügungen und Beschäftigungen, zu welchen ihn eben seine Laune und seine Neigung hinzog. Diese aber führte ihn auf die mechanischen und mathematischen Studien, und als einst ein Freund von Watt's Vater diesen zu besuchen kam, fand er den Knaben auf der Erde liegend und mit Kreide Linien in die Kreuz und Quer ziehend. „Wie", rief er aus, „ein so großer Junge treibt solche Spielereien? Fort, in die Schule mit ihm!" — „Gemach", antwortete James' Vater; „ehe du den Knaben verdammst, siehe erst zu, was er beginnt!" Und siehe da, der sechsjährige Knabe löste auf der Erde mathematische Aufgaben aus den Elementen des Euklides! — Unter Anderm hatte auch der Vater, des Sohnes Hinneigung zu mechanischen Beschäftigungen erkennend, demselben eine kleine Sammlung von Werkzeugen angeschafft. Mit diesen begann er zu arbeiten und zerlegte alles Spielzeug, dessen er habhaft werden konnte, setzte es wieder zusammen und gelangte bald dahin, auch neues machen zu können. Ja zuletzt gelang es ihm sogar, eine kleine Elektrisirmaschine zu bauen, deren Funken und sonstige Wirkungen dem armen schwächlichen Knaben und seinen Gespielen die Quelle mannichfacher Unterhaltung gewährten.

Auf den ersten Anblick hin erschien James Watt fast träge, denn es war ihm nicht möglich, auswendig zu lernen und das Gelernte wie ein Papagei nachzuschwatzen; dagegen aber dachte er um so mehr über das Gesagte nach, und jeder Gegenstand, welcher ihm aufstieß, war ihm die Quelle neuer Forschungen und angestrengten Beobachtens, wodurch dem oberflächlichen Beobachter der Knabe als träge und stumpfsinnig erscheinen mußte. Glücklicher Weise hatten seine Eltern Scharfblick genug, den Knaben richtig zu beurtheilen; aber von seiner Tante, der Madame Muirhead, hatte er viel auszuhalten, denn diese tadelte ihn stets wegen seiner Trägheit und Stumpfheit und ermahnte ihn oft, doch ein Buch zur Hand zu nehmen oder sich sonst nützlich zu beschäftigen. — So rief sie ihm auch eines Tages zu: „Mehr denn eine Stunde ist nun vergangen und du hast nicht ein einziges Wort gesprochen! Und weißt du, was du die ganze Zeit über gemacht hast? Du hast den Deckel von der Theekanne bald abgenommen, bald wieder aufgesetzt, du hast die Tassen und die Theelöffel über den

Dampf gehalten und haſt die Tropfen aufgefangen, welche durch den Dampf an denſelben gebildet wurden. Iſt das recht und mußt du dich nicht ſchämen, deine ſchöne Zeit ſo zu vergeuden?“

James Watt, den entweichenden Dampf des Theekeſſels beobachtend.

Die gute Frau Muirhead wußte wahrſcheinlich nicht, daß vielleicht dieſe Stunde für ihren Neffen eine ſehr entſcheidende war, und daß das Experiment, welches er hier machte, die erſte Stufe zu der Unſterblichkeit bildete, welche derſelbe ſich ſpäter erwarb, und ſie ſah in dem Knaben, der mit dem Theekeſſel

spielte und zu ergründen suchte, warum aus den Dämpfen des Wassers wieder Wasser entstand, nicht den großen Ingenieur voraus, dessen Entdeckungen dazu bestimmt waren, der Welt unschätzbare Vortheile zu erringen. — Watt selbst, in spätern Jahren befragt, wie er zu seinen Erfindungen gekommen, gab zur Antwort: „Durch unabläßiges Nachdenken.“

Mit seinem 19. Jahre trat Watt bei dem Mechaniker Morgan in London in die Lehre. Er brauchte zur Reise dahin 12 Tage und ahnte damals schwerlich, daß man sie dereinst, Dank seinen Erfindungen, in 12 Stunden werde zurücklegen können. In London blieb er nur ein Jahr, worauf er nach Glasgow zurückging und später als Mechaniker bei der Universität beschäftigt wurde.

Wie es scheint, begann Watt sich in den Jahren 1762 und 1763, wo er mehrere Versuche mit dem Papinianischen Topfe machte, mit dem Wesen und der Verwendbarkeit des Dampfes anhaltender zu beschäftigen; aber erst das folgende Jahr war dazu bestimmt, ihn auf die Bahn seines Ruhmes zu führen. In der Sammlung der Universität befand sich ein Modell einer Dampfmaschine von Newcomen, dessen man sich zur Erläuterung bei den Vorlesungen bediente. Dies Modell war außer Gang gekommen, oder richtiger, es war nie im Gange gewesen, und man trug Watt auf, dasselbe in Ordnung zu bringen. Er löste seine Aufgabe zu vollkommener Zufriedenheit; sein Fleiß blieb aber nicht dabei stehen. Sein Scharfblick hatte bald erkannt, worin die Mangelhaftigkeit der Wirkung der Maschine Newcomen's ihren Grund hatte. Die Maschine verlangte Wasser von sehr niedriger Temperatur, um unter dem Kolben den Dampf zu verdichten und einen möglichst leeren Raum herzustellen, dieser aber konnte durch die einfache Einspritzung von Wasser in den Cylinder nicht erreicht werden, wodurch noch außerdem der Nachtheil entstand, daß der Dampf, wenn er mit den so eben durch das Wasser abgekühlten Seitenwänden und der Kolbenfläche in Berührung trat, abgekühlt und theilweise bereits kondensirt wurde, ehe er noch seine Wirkung geäußert hatte, was einen beträchtlichen Kraftverlust nach sich zog.

Diese Erkenntniß führte unsern Watt zu der Anlage eines besondern Niederschlagungsapparates, des Kondensators, in welchem die Dämpfe, nachdem sie in dem Cylinder ihren Effekt geäußert, abgeführt und außerhalb des Cylinders in einem geschlossenen Raum durch eine Kaltwasserbrause niedergeschlagen wurden, mit welcher Erfindung er um die Mitte des Jahres 1765 zu Stande kam und wodurch er, indem er den Dampf besser benutzte, eine so große Ersparniß an Brennmaterial erzielte, daß man nun mit einem Scheffel Kohlen so weit reichte als früher mit vier Scheffeln. Eine zweite bedeutende Verbesserung führte Watt bei den Dampfmaschinen ein, indem er den Kolben des Dampfcylinders nicht mehr durch die atmosphärische Luft, sondern durch Dampf niedertreiben ließ. Dies bewirkte er, indem er den Dampf abwechselnd unter und über dem Kolben einführte. So entstand die doppeltwirkende Dampfmaschine, wobei der Luftdruck ganz aus dem Spiele bleibt, und die Dampfkraft auf mehrere Atmosphären Druck erhöht werden kann. Drei Jahre hatte Watt diese Erfindung bereits vollendet, ehe es ihm gelang, die Mittel zu erhalten, um dieselbe in einem so großen Maßstabe auszuführen, daß man sich durch den

Augenschein von deren Nutzen überzeugen konnte. Erst nachdem Watt mit dem Dr. Roebuck eine Verbindung eingegangen war, infolge deren der Letztere stets zwei Drittheile des reinen Gewinnes erhalten sollte, wurden unserm Watt die Mittel gegeben, eine Versuchsmaschine in großem Maßstabe zu bauen, deren Resultat dann aber auch, einige noch zu überwindende technische Schwierigkeiten abgerechnet, vollkommen genügend war.

Die Verbindung mit Roebuck dauerte indessen nicht lange, denn schon nach wenigen Jahren zeigten sich Roebuck's Verhältnisse auf das Höchste zerrüttet. Eine schwere Prüfungszeit begann für den mittellosen Watt, bis er endlich 1775 mit Matthias Boulton in Soho, nahe bei Birmingham, in Verbindung trat, indem er in dessen höchst ausgedehntem industriellen Etablissement sowol die Kräfte als die Geldmittel fand, deren er bedurfte.

Watt's Patent wurde noch auf die Dauer von 17 Jahren verlängert, und er widmete sich jetzt ausschließlich der Vervollkommnung seiner Maschinen. Das Resultat seiner Bemühungen war zuerst die sogenannte einfach wirkende Dampfmaschine, bei welcher der Dampf den Kolben in einer Richtung bewegt, während der Druck der Atmosphäre die Rückbewegung hervorbringen muß.

Da die ersten Dampfmaschinen hauptsächlich zum Heben des Wassers in den Bergwerken benutzt werden sollten, hatte man auch, wie schon oben erwähnt wurde, den Pumpenkolben, dem Dampfkolben gegenüber, unmittelbar an den Wagebalken gehängt. Dabei aber fehlte es nicht an Unregelmäßigkeiten und Unsicherheiten in der Bewegung, und Watt war gleich anfänglich bemüht, diesem Uebel abzuhelfen und diese Unregelmäßigkeiten, welche namentlich bei dem Wechsel der Bewegung der Kolbenstangen stattfanden, zu beseitigen. Dies gelang ihm vollkommen dadurch, daß er von der Maschine selbst ein sehr schweres eisernes Rad, das Schwungrad, umtreiben ließ, welches, wenn es einmal in Bewegung gesetzt war, nach dem mechanischen Gesetze des Beharrungsvermögens diese Bewegung eine längere Zeit beibehielt, wenn auch die bewegende Kraft aufhörte. Dadurch wurden natürlich die Zwischenräume, wo die Maschine von einer Bewegung in die andere übergeht, also eigentlich nicht arbeitet (die todten Punkte), von der Wirkung des Schwungrades ausgefüllt, und diese Pausen, die sich oft durch höchst verderbliche Stöße bemerkbar machten, verschwanden vollständig, so daß der Gang der Maschine durchaus ruhig wurde. An die Achse des Schwungrades wurden nun zugleich diejenigen Theile befestigt, welche dazu dienten, die Maschine zu ihrem wirklichen Zwecke nutzbar zu machen.

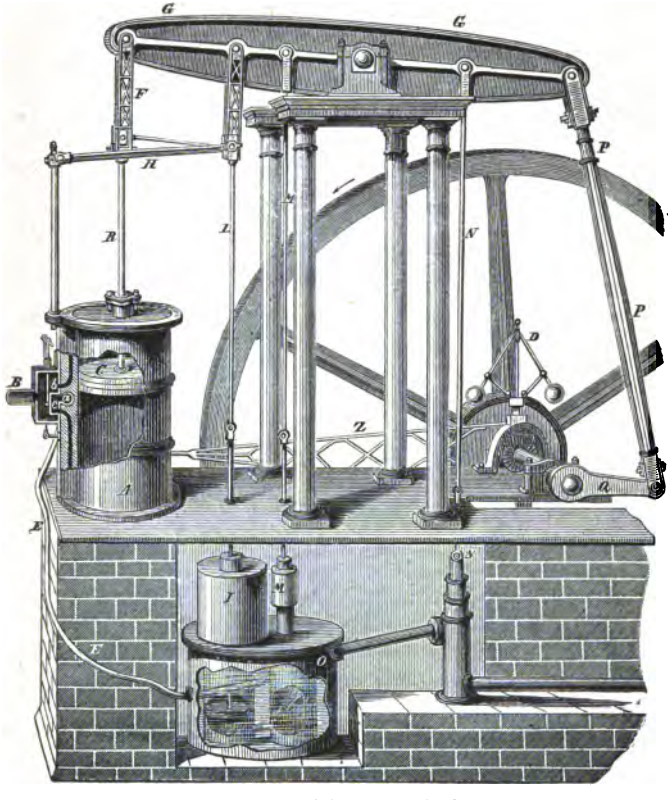
Aber es gab noch eine andere Unregelmäßigkeit zu beseitigen, welche in dem Gange der Maschine dadurch bewirkt wurde, daß man nicht im Stande war, das Feuer stets so regelmäßig zu unterhalten, daß die Dampferzeugung und mithin der Dampfzufluß immer gleichmäßig blieben, so daß also bei verschieden starkem Dampfzuflusse auch die Maschine mit verschiedener Schnelligkeit arbeitete. Watt suchte dem Uebel dadurch abzuhelfen, daß er eine stellbare Klappe, wie sie in Ofenrohren vorkommt (die Drosselklappe), in der Röhre anbrachte, welche den Dampf vom Kessel zur Maschine führte, und dieselbe durch einen besondern Arbeiter stets nach der Zuflußmenge stellen ließ. Sehr bald aber zeigte es sich,

daß die geringste Unaufmerksamkeit dieses Arbeiters die ganze Maschine gefährden könne, und es kam darauf an, auch diese Arbeit durch die Maschine selbst machen zu lassen. Der Erfinder befestigte also an der Handhabe der Drosselklappe einen Zughebel, den er mit einem sogenannten Regulator verband, und zwar dergestalt, daß, wenn die Maschine zu schnell ging, also zu viel Dampf zufloß, der Regulator die Drosselklape so viel als nöthig schloß, sie aber wieder öffnete, sobald der Dampfzufluß zu gering wurde. Diese sehr allgemein gebräuchliche Watt'sche Vorrichtung heißt der Kugelregulator, und ist in dem nachfolgenden Gesammtbild einer Watt'schen Maschine unter D dargestellt. Seine Wirkung beruht auf der Centrifugalkraft und man nennt ihn daher wol auch Centrifugalpendel. An einer aufrechten Spindel, die von der Hauptwelle in Umdrehung erhalten wird, sind oben zwei Arme eingelenkt, die am Unterende massive Metallkugeln tragen. Diese Körper werden sich bei verschiedenen Drehungsgeschwindigkeiten in verschiedener Entfernung von einander halten, nämlich bei schnellster Drehung am weitesten aus einander fliegen, und so abnehmend bis zum bloßen Herabhängen beim Stillstande. Ist nun die Einrichtung getroffen, daß ein weiteres Ausgreifen der Kugeln eine Verengung der Klappe, also verminderten Dampfzufluß bewirkt, ein zu enger Stand der Schwungkugeln aber das Gegentheil, so leuchtet ein, daß eine gewisse mittlere Geschwindigkeit des Ganges sich erhalten muß. Der Regulator wirkt auf die Klappe vermöge seiner untern Theile, zwei auf beiden Seiten in Scharnieren gehende Zwischenstücke und eine auf der Spindel verschiebbare Hülse. Alle Aenderungen, die sich am Regulator einstellen, müssen ein Steigen oder Sinken der Hülse bewirken, und diese steht wieder im Zusammenhang mit einem Kniehebelwerk, das die Drehungen der Klappe vollführt.

Bald darauf erweiterte Watt seine Erfindung insoweit, daß er, wie wir schon oben beiläufig bemerkten, die Einwirkung der Atmosphäre auf den Kolben ganz beseitigte und das Absteigen desselben ebenfalls durch zugelassenen Dampf bewirken ließ. Hierdurch erst wurde die Maschine eine eigentliche Dampfmaschine, während bisher der Dampf den Kolben blos fort-, die Luft ihn zurückschob. Dabei hatte der Dampf keine andere Arbeit, als eben den Kolben zu heben; die Kraftwirkung lag lediglich im Luftdruck und äußerte sich blos beim Niedergange des Kolbens, also ziehend, wie es zum Treiben einer Pumpe, nicht aber zum steten Betriebe einer Maschine genügen konnte. Am vollständigsten wurde die neue Idee ausgebildet in der doppeltwirkenden Dampfmaschine, von welcher wir hier eine Abbildung beigeben. Sie wird allgemein als eine in ihrer Art wirklich schöne, als eine Mustermaschine angesehen. Bevor wir sie beschreiben, mag darauf hingewiesen werden, daß bei Ausführung der beiderseitigen Dampfwirkung der Cylinder nun auch auf beiden Seiten geschlossen sein mußte, während man bisher dem Spiele des Kolbens von oben zusehen konnte. Da aber der Kolben doch mit den Außentheilen in Verbindung stehen muß, so hat der obere Deckel des Cylinders ein rundes Loch, durch welches die Kolbenstange so genau passend hindurchgehen muß, daß daneben kein Dampf entweichen kann. Eine solche Einrichtung wird eine Stopfbüchse genannt, denn es

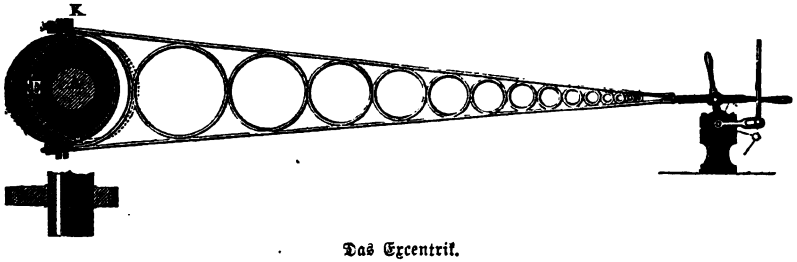
ist in der That eine auf das Cylinderende geschraubte Büchse vorhanden, die in ihrer Innenseite eine Ausfütterung von geölten Hanfzöpfen hat. Diese Polsterung schwillt durch den heißen Dampf so an, daß sie einen ganz festen Schluß um die Kolbenstange bildet.

Wir haben nunmehr hier nachstehend ein Gesammtbild der Maschine nach Watt's Zusammenstellung mit einigen neueren Abänderungen. Den auf unserer nebenstehenden Abbildung nicht mit dargestellten Dampfkessel muß der Leser sich zur Linken stehend denken. Vom Dampfkessel aus geht nämlich das Dampfleitungsrohr, in welchem letzteren die Drosselklappe befindlich ist, und zwar nach der Mitte des Cylinders A, wo der links auf der Abbildung befindliche Ansatz B das eintretende Rohrende bedeutet. Der Cylinder, der Haupttheil der Maschine, ist vom Zeichner gegen die Wirklichkeit aufgebrochen dargestellt, damit das Innere mit dem Kolben C und der links davon befindlichen Partie sichtbar werde. Dieser mit dem Cylinder in Eins gegossene Theil heißt der Schieberkasten. In ihn dringt der Dampf wie in eine Vorkammer ein und hat nun zu gewärtigen, welcher Weg ihm durch die Steuerung, den immer auf und ab gehenden Schieber, angewiesen wird, ob er nämlich über dem Kolben Platz nehmen und ihn herabdrücken, oder im Gegentheil unten eintreten und ihn heben soll. Diese Steuerung wird noch ein mal größer und deutlicher vorgeführt werden. Der Auf- und Niedergang des



Watt's doppeltwirkende Dampfmaschine.

Schiebers, dessen Stange ebenfalls durch eine Stopfbüchse durch den Boden des Schieberkastens geht, wird durch eine horizontal hin und her gehende Leitung mittels Winkelhebel bewirkt, eine Bewegung, die bei derartigen Maschinen gewöhnlich von der sich drehenden Haupt- und Schwungradwelle abgeleitet ist. Diese Kraftleitung besteht meist statt aus einer einzelnen Stange, die Biegungen mehr ausgesetzt sein würde, aus einer Zusammensetzung dünnerer Stäbe, die sich straffer hält (s. nachstehendes Bild und im vorhergehenden bei z). Es macht dieses Stück ganz die Bewegung, als wenn es von einer Kurbel hin und her geschoben würde. Da aber eine solche auf der Hauptwelle hinter dem Schwungrad nicht anzubringen ist, so ersann Watt als einen Stellvertreter derselben das sog. Excentrik. Dieses ist eine durchbrochene Scheibe oder ein Ring, der auf der Hauptwelle aufgesteckt und so geformt ist, daß er auf einer Seite beträchtlich breiter ist als auf der entgegengesetzten, etwa wie der Halbmond aussehen würde, wenn seine Hörner zu einem geschlossenen Bogen zusammen träten. Dieses Excentrik wird von einem Ringe umfaßt, der am breiten Ende der Zugstange sitzt. Dreht sich nun die Welle, so muß der Ring und die Stange immer dahin folgen, wo das breite Ende des Excentriks hingeht, also hin und her und auf und nieder, ganz wie bei einer Kurbel.



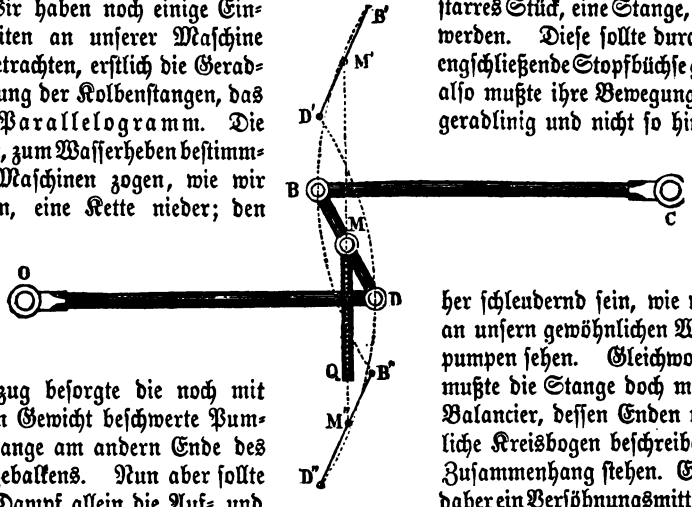
Das Excentrik.

Sowie der Dampf seine Arbeit im Cylinder gethan hat, verläßt er denselben stoßweise durch das Abzugsrohr E F, um im untern Theile der Maschine niedergeschlagen zu werden. Hier giebt es ein größeres Wassergefäß, die Cisterne, das durch die Kaltwasserpumpe (rechts bei N) immer gespeist wird, sei es aus einem Brunnen oder sonst woher. In der Cisterne steht, von Wasser umgeben, der geschlossene Kondensator I. Da das Wasser außen höher steht, so kann es durch einen stellbaren Hahn immer einwärts fließen und ergießt sich durch eine Brause wie aus einer Gießkanne. Von der andern Seite kommt nun der Dampf herein gesaust, mischt sich mit dem kalten Regen und aus beiden entsteht heißes Wasser. Der Dampf und sein Druck verschwinden somit bis auf einen kleinen Rest, weil heißes Wasser immer noch etwas dampft. Dies giebt eine kleine Gegenwirkung auf den Kolben, die man bei genauer Berechnung der Kraft einer Maschine mit $^1/_8$ Atmosphäre Verlust in Abzug zu bringen pflegt. Das heiße Wasser wird, sowie es sich bildet, von einer Pumpe, deren Stange L am Balancier hängt, immerfort herausgezogen. Sie heißt die Luftpumpe, weil sie zugleich die Luft mit fortzuschaffen hat, die in jedem in der freien Natur

vorkommenden Wasser steckt und beim Erhitzen desselben heraustritt. Diese Pumpe entleert das heiße Wasser in ein Gefäß, aus welchem wieder die Heißwasserpumpe so viel schöpft als nöthig ist, um den Wasserstand im Kessel zu ergänzen, so daß man also hierzu kein kaltes Wasser braucht und Brennmaterial spart.

Die Auf- und Niederbewegung des Kolbens wird durch die Kolbenstange R auf den Balancier fortgepflanzt, der also wie ein Wagebalken schwingen muß. Am andern Ende hängt die Führ- oder sog. Bläuelstange P, die anderseits mit der Kurbel (Krummzapfen) der Schwungradwelle verbunden ist. Jedes Spinnrad zeigt uns die nämliche Einrichtung. Damit, daß die Hauptwelle sich mit einer gewissen Kraft dreht, ist die Leistung der Maschine abgeschlossen; denn sie ist nur die Kraftquelle, der Vorspann für die eigentlichen Arbeitsmaschinen. Die Fortleitung der Kraft von der Schwungradwelle aus geschieht in mannichfacher Weise durch Zahnräderverbindungen, stehende oder liegende Wellen, Riemenscheiben mit Laufriemen u. s. w. Alle diese Zwischenmittel heißen Transmissionen oder treibendes Zeug. Je mehr Maschinen mit der Dampfmaschine verbunden werden, desto langsamer geht sie, denn die Dampfkraft nutzt sich durch Arbeit eben so ab wie die Muskelkraft; der Dampf wird durch das Arbeiten kälter, da die Hitze sich in Bewegung verwandelt.

Wir haben noch einige Einzelheiten an unserer Maschine zu betrachten, erstlich die Geradführung der Kolbenstangen, das sog. Parallelogramm. Die alten, zum Wasserheben bestimmten Maschinen zogen, wie wir sahen, eine Kette nieder; den Rückzug besorgte die noch mit einem Gewicht beschwerte Pumpenstange am andern Ende des Wagebalkens. Nun aber sollte der Dampf allein die Auf- und Niederbewegung besorgen, und es mußte daher die Kette durch ein starres Stück, eine Stange, ersetzt werden. Diese sollte durch eine engschließende Stopfbüchse gehen, also mußte ihre Bewegung ganz geradlinig und nicht so hin und her schleudernd sein, wie wir es an unsern gewöhnlichen Wasserpumpen sehen. Gleichwol aber mußte die Stange doch mit dem Balancier, dessen Enden natürliche Kreisbogen beschreiben, im Zusammenhang stehen. Es galt daher ein Versöhnungsmittel zwischen der geraden und krummen Linie zu finden.

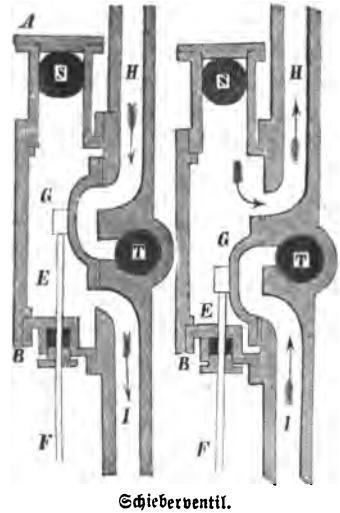


Das Parallelogramm.

Diese Aufgabe löste Watt in schöner Weise durch eine Verbindung von Hebeln.

Es seien CB und OD, zwei Arme oder Hebel, die sich um Zapfen bei C und O drehen. Sie werden wenn sie sich auf und nieder bewegen, die punktirten Bogen in der Luft beschreiben. Sind sie nun wie hier durch ein Mittelstück BD gelenkartig verbunden, so wird dieses die Auf- und Niederbewegung nicht hindern, indem es vermöge seiner Beweglichkeit sich immer den gegenseitigen

Stellungen der beiden Hebel anbequemen kann. Hebt sich nämlich der rechte Hebel bis nach B', so ist der linke bis D' gekommen und das Verbindungsstück M ist dabei in die Lage übergegangen, wie es der schwarze Strich B'D' zeigt. Dasselbe findet beim Niedergange statt, wo es in die Lage B''D'' kommt. Untersucht man, wie sich bei diesen verschiedenen Stellungen die Mitte des Verbindungsstückes verhält, so findet sich, daß diese sich immer in einer und derselben senkrechten Linie bewegt, daß die beiden Hälften des Stückes sich lediglich um diesen Mittelpunkt drehen. Hängt man demnach bei M die Kolbenstange an, so ist die gesuchte Geradführung gefunden. Man hat sich nun unter CB die Hälfte des Balanciers, unter OD einen Hebel, den Gegenlenker, vorzustellen, dessen Zapfen O an irgend einem Punkte des Maschinengestelles festsitzt, und es wird nun die Wirkung des Apparates leicht verständlich sein. Ist nur eine einzelne Stange zu führen, so genügt die bildlich dargestellte Vorrichtung; bei der Watt'schen Maschine sind aber auf dieser Seite zwei Pumpen anzuhängen, und daher erscheint die Geradführung, obwol nach denselben Grundsätzen wirkend, etwas zusammengesetzter, nämlich als ein Viereck, das sich beim Gange abwechselnd nach der einen und andern Seite etwas verschiebt. Man nennt es in dieser Form das Parallelogramm der Dampfmaschine. Der Gegenlenker ist im Bild S. 20 das Stück H.



Schieberventil.

Weiter geben wir zum bessern Verständniß dessen, was in dem schon erwähnten Schieberkasten zum Zweck der Dampfvertheilung vorgeht, eine zweimalige Durchschnittsansicht desselben, um die beiden Stellungen zu zeigen, welche der Schieber abwechselnd einnimmt und dadurch den Dampf einmal unter, einmal über den Kolben dirigirt.

S ist die Mündung des Rohres, welches den Dampf aus dem Kessel herüber leitet, T diejenige des Abzugsrohres, das den verbrauchten Dampf in den Kondensator führt. F ist die Schieberstange, die durch eine Stopfbüchse ins Innere geht. An ihr sitzt ein in der Mitte gewölbter Riegel, welcher durch seinen Hin- und Hergang die beiden Dampfwege abwechselnd öffnet und ebenso wieder schließt.

In der ersten Figur ist ersichtlich, welche Lage der Schieber einnimmt, wenn der Kolben im Cylinder seinen Tiefstand hat, also Dampf unter ihn treten muß. Hierzu steht jetzt dem Dampf der Kanal I offen, in dem er herab und in den Cylinder dringt. Gleichzeitig ist auch der Kanal H frei und der über dem Kolben befindliche Dampf, der schon gearbeitet hat, geht in demselben, sowie der Kolben sich wieder hebt, abwärts in den Ausflußkanal. In der zweiten Figur sind durch die veränderte Stellung des Schiebers alle

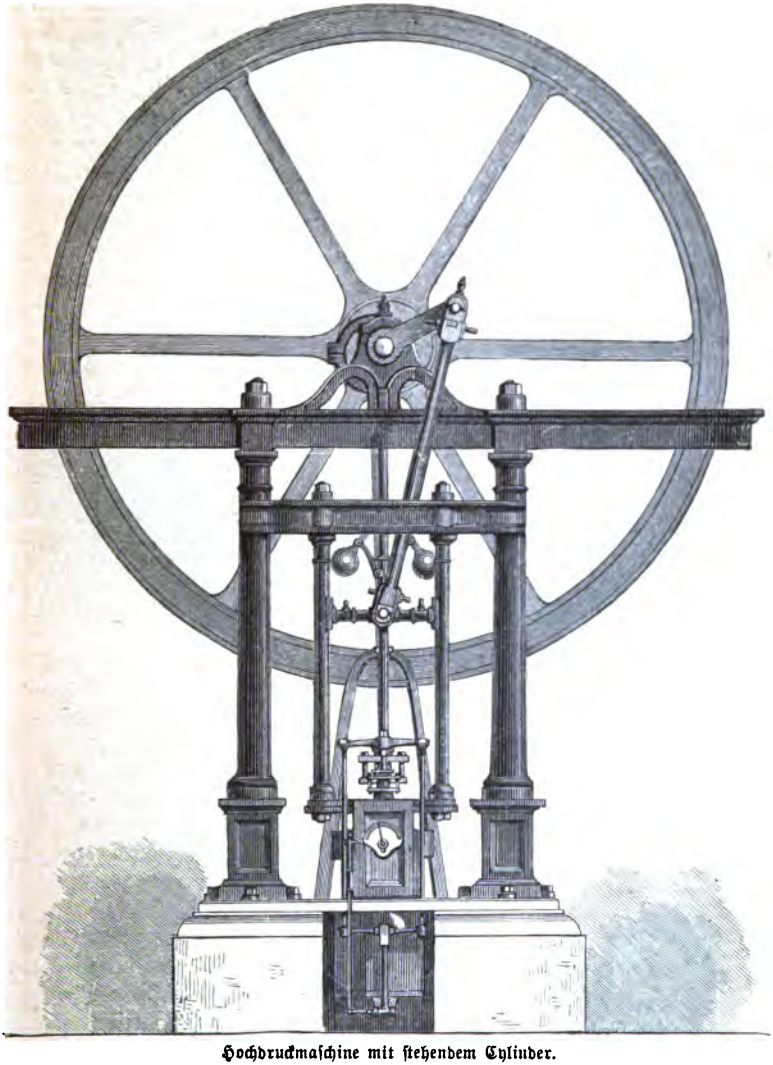
Richtungen umgekehrt: der neue Dampf geht nach oben und drückt den Kolben wieder herunter, indeß der verbrauchte von unten her in den Auslaß gelangt.

Erwähnung verdient auch der Kolben der Dampfmaschine. Es leuchtet ein, daß derselbe unbedingt dampfdicht gehen muß, denn würde er Dampf aus der einen Abtheilung des Cylinders in die andere übertreten lassen, so würde es mit dem Gange schlecht aussehen. Solche Dichtungen von Kolben nennt man im Allgemeinen Liederungen, wozu man bei den gewöhnlichsten Wasserpumpen wol einen Beschlag von Leder anwendet. Die Dampfkolben dagegen haben in der Regel eine sog. Metallliederung, d. h. es schleifen hier nur sehr glatte Metallflächen auf einander. Hierzu aber ist erforderlich, daß der Kolben sich nach allen Seiten elastisch an die Cylinderwandungen anpreßt. Er besteht also nicht aus einem Stück, sondern hat folgende Einrichtung Auf der Stange sitzen zwei Scheiben, die nicht bis an die Cylinderwand reichen; zwischen ihnen liegen über einander zwei metallene Ringe, aber jeder in vier Theile zerschnitten und so gelegt, daß die untern und obern Zusammenstöße nicht auf einander treffen, also alle von unten oder oben gedeckt sind. Jedes Stück hat hinter sich eine starke Feder, durch die es nach außen, also an die Cylinderwand andrückt, und so ist der elastische Kolben hergestellt.

Maschinen der vorbeschriebenen Art, mit Kondensation, werden Niederdruckmaschinen genannt, da sie nur mit einer Dampfspannung von nicht viel über 1 Atmosphäre, etwa $1\,^1/_4$ bis $1\,^1/_2$, arbeiten und man dafür die Kolbenfläche und den Cylinder-Durchmesser um so größer macht.

Man richtet solche Maschinen auch wol so ein, daß sie mit einer Dampfspannung von $1\,^1/_2$ bis 2 Atmosphären arbeiten, und nennt sie dann Mitteldruckmaschinen. Von einfacherer Einrichtung und größerer Kraftwirkung (2 bis 6 Atmosphären) sind aber die Hochdruckmaschinen. Bei ihnen wird auf den Vortheil der Kondensation verzichtet, man läßt vielmehr den Dampf, sowie er ausgewirkt hat, unmittelbar ins Freie entweichen und braucht nun weder den Kondensationsapparat, noch die Luftpumpe und den Balancier, und erhält die größern Kraftwirkungen mit einem viel engern Cylinder und kleinern Kolben. Da der Dampf bei seinem Austritt ins Freie die Luft verdrängen muß und hiermit die Kraft einer Atmosphäre verbraucht wird, so folgt daraus, daß eine Hochdruckmaschine, die mit 4 Atmosphären Spannung arbeitet, nur 3 Atmosphären Arbeitskraft abgeben kann. Auch fressen solche Maschinen viel Feuerungsmaterial. Sie finden aber doch in vielen Fällen Anwendung, wo es auf Raumersparung ankommt, so z. B. bei Lokomotiven. Bei stehenden Maschinen wendet man indeß meistens die Kondensation in vereinfachter Weise an, nämlich so, daß der Dampf bei seinem Austritt nur das Speisewasser durchstreicht und vorwärmt, welches die Maschine aus einem Brunnen oder fließenden Wasser herbeipumpt. Am bequemsten hat man das Kondensiren auf Dampfschiffen: man entläßt den abgehenden Dampf einfach durch ein Rohr ins freie Wasser.

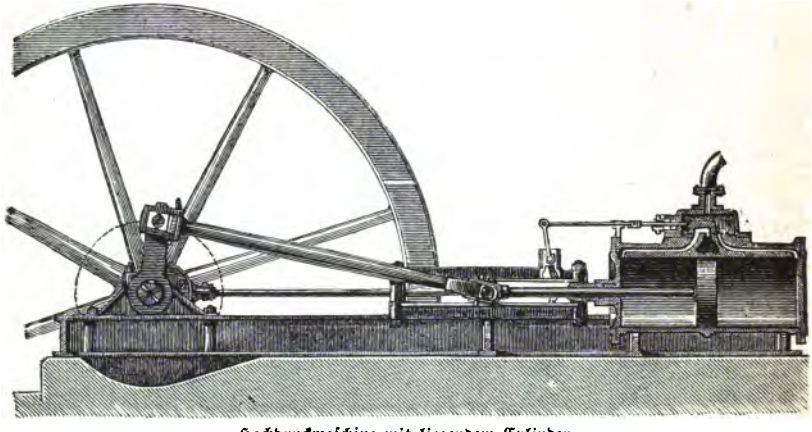
Unter den nachträglichen Verbesserungen an Dampfmaschinen, die hauptsächlich auf Ersparung an Brennstoff ausgingen, ist das Belangreichste die Expansion.



Hochdruckmaschine mit stehendem Cylinder.

Man sah bald ein, daß, wenn Hochdruckdampf in voller Spannung einen Kolben bis zu Ende seiner Bahn treibt und dann entlassen wird, viel Kraft verloren geht; der Dampf würde durch sein Ausdehnungsbestreben den Kolben auch dann ans Ziel gebracht haben, wenn der Dampfzufluß schon etwas vorher, etwa bei $^2/_3$ des Kolbenganges, abgeschnitten worden wäre. Schon 1804 konstruirte in diesem Sinne Arthur Woolf eine zweckmäßige, noch jetzt

nicht veraltete Maschine mit zwei Cylindern. Im ersten wirkt der Dampf mit Hochdruck, verläßt ihn dann und übt im zweiten, größern, noch eine Niederdruckarbeit aus. Die Cylinder sind zu diesem Zweck durch zwei Dampfrohre verbunden, die sich zwischen ihnen kreuzen, so daß der Dampf, der aus dem Obertheil des ersten Cylinders herkommt, unter den Kolben des zweiten tritt und umgekehrt. Sonach gehen beide Kolben einerlei Wege und wirken beide an demselben Balancier.



Hochdruckmaschine mit liegendem Cylinder.

Die Expansion läßt sich aber nicht blos in der angedeuteten Weise an den Maschinen mit zwei Cylindern ausführen, welche nicht sehr zahlreich vorhanden sind, sondern findet auch bei den Maschinen mit einem Cylinder Anwendung. In diesem Falle ist natürlich die Steuerung für den frühern Dampfabschluß eingerichtet. Entweder arbeiten zu diesem Zweck im Schieberkasten zwei Schieber, oder der einfache Schieber wird durch ein besonderes Excentrik dirigirt. Dieses ist nicht rund, sondern enthält verschiedene stumpfe Ecken oder Ausbuchtungen, in deren Wirkung der Schieber eimal rasch vorgeht, dann einen Moment ganz anhält u. s. w.

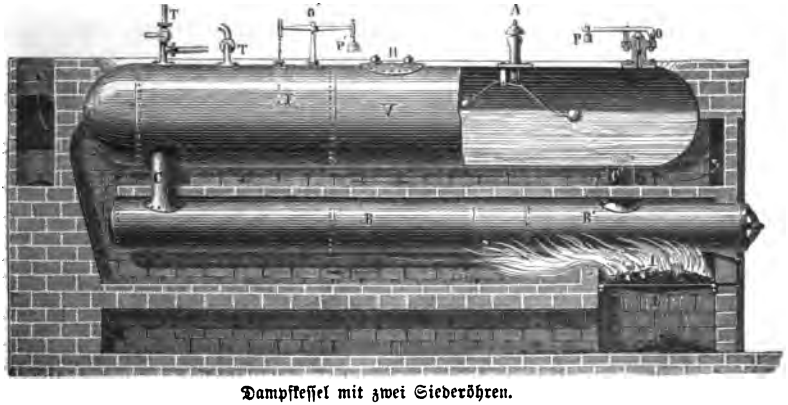
Die Expansion kann auch veränderlich (variabel) gemacht werden, so daß sie, statt gleichförmig fortzuwirken, sich nach den Umständen verstärken oder mindern läßt, und zwar selbst während des Ganges der Maschine. Wird z. B. von einer Anzahl Arbeitsmaschinen, welche die Dampfmaschine treibt, eine oder die andere abgestellt, so wird gleich weniger Kraft gebraucht, und die Dampfkanäle können etwas früher geschlossen werden. Die erforderliche Stellung wird entweder mit der Hand an einem Drücker hervorgebracht oder die Maschine macht die Aenderung selbst mittels des Regulators. Durch die Expansion kann viel Kraft erspart werden, aber der Gang solcher Maschinen ist sehr unegal wegen der stoßweisen Dampfwirkung, und sie können daher doch nicht überall gebraucht werden, wenn nicht zur Ausgleichung ein sehr schweres Schwungrad benutzt werden kann.

Ein sehr wichtiger Bestandtheil der Dampfmaschine ist der **Kessel**, die Geburtsstätte der Dampfkraft. Derselbe besteht fast immer aus gewalztem starken Eisenblech, denn Kupfer, welches besser sein würde, ist zu kostspielig, und Gußstahlblech wird zwar sehr gelobt, aber bis jetzt doch nicht viel angewandt. Die Stärke der Kesselwandungen richtet sich natürlich nach den Umständen und ist bei Hochdruckkesseln am bedeutendsten. Die Zusammensetzung des Kessels geschieht lediglich durch eine Menge von Nieten.

Durchschnitt eines Dampfkessels mit zwei Siederöhren.

An der **Form** der Kessel ist viel geändert und probirt worden. Watt benutzte zu seinen Niederdruckmaschinen sog. Kofferkessel, lang viereckige Kasten, bei denen aber der Deckel sowie der Boden nach oben, die beiden Langseiten nach innen gewölbt waren.

So hatte also das Feuer drei Wege unter und neben dem Kessel hin. Nachdem die Maschinen mit höherer Spannung aufkamen, mußte eine Form des Kessels gewählt werden, die mehr Festigkeit gewährte, also allerseits gewölbt war. Man nahm also Cylinder mit gewölbten Böden, die in Bezug auf Festigkeit gut sind, aber wenig **Heizfläche** bieten. Auf die Größe dieser Heizfläche, d. h. auf diejenigen Stellen am Kessel, wo sich innen Wasser, außen Feuer befindet, kommt aber viel an, weil davon die Menge des entstehenden Dampfes abhängt. Um diese Fläche zu vergrößern, brachte man daher sog. **Siederöhren** an, d. h. man schuhte gleichsam dem Kessel ein paar dünnere Cylinder an, die durch aufrechte, kurze Rohrstücke mit dem Hauptkörper verbunden sind.



Dampfkessel mit zwei Siederöhren.

Da diese Theile nun ganz im Feuer liegen, das übrigens auch die untere Partie des großen Kessels bestreicht, so ist für Dampfentwicklung das Mögliche geschehen; aber sie geschieht bei alledem nicht so stark, als erwartet wurde, und zudem sind diese untern Theile dem Verbrennen zu sehr ausgesetzt, daher auch

die Berstungen solcher Kessel meist an den Siederöhren erfolgen. Eine andere Kesselform ist die, wo ein weites, offenes Rohr durch die Länge des Kessels selbst gezogen ist, das als Feuerkanal dient. Hierin setzt sich aber leicht Ruß an, der die Hitzeleitung sehr hemmt. Wenn solche Röhren viel enger genommen werden, wie an dem Kessel des Dampfwagens, so halten sie sich eher etwas längere Zeit rein. Die einfachen Cylinderkessel behaupten sich noch neben den übrigen mehr gekünstelten.

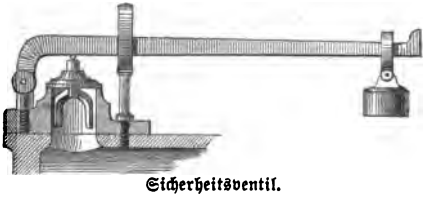
Im Kessel muß das Wasser auf einer gewissen Höhe, über halbvoll, erhalten werden; im obern Raume sammeln und drängen sich dann die Dämpfe zusammen. Den Wiederersatz des verdampften Wassers besorgt in den meisten Fällen eine von der Maschine getriebene kleine Druckpumpe; an Maschinen, die mit sehr niedrigem Druck arbeiten, ist auch eine andere Art selbstthätiger Speisung anwendbar, bei welcher das Wasser in ähnlicher Weise nachfließt, wie das Oel in den Schiebelampen. — Um jederzeit zu wissen, wie hoch das Wasser im Kessel steht, gebraucht man die Wasserstandszeiger. Die älteste Vorrichtung dazu sind zwei im Boden des Kessels über einander angebrachte Probirhähne. Oeffnet man sie einen Augenblick und es fährt aus dem untern Wasser, aus dem obern Dampf heraus, so ist die Sache in Ordnung. Wenn es aber im Kessel stark wallt, so werden diese Anzeichen unsicher; man zieht daher eine andere Einrichtung vor, nämlich zwei kurze Röhren, die an den nämlichen Punkten stehen, wo die Hähne hin gehören würden, und vorn durch ein dickes Glasrohr verbunden sind. In diesem Rohre nimmt das Wasser denselben Stand ein wie im Innern.

Wie stark die Spannung im Kessel ist, muß man natürlich auch jederzeit ersehen können. Hierzu dienen Manometer (Druckmesser), welche sehr verschiedene Einrichtung haben können, je nachdem die Maschine für Hoch- oder Niederdruck eingerichtet, eine standfeste oder bewegliche ist. Es giebt Quecksilber- und Feder-Manometer. Die erstern wirken wie die Barometer und sind auch so geformt. Der kurze Schenkel mündet in den Dampfraum, der andere, viel längere steht empor und ist oben offen. Ist der Dampfdruck im Kessel 1 Atmosphäre, so steht das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich; beträgt es 2 Atmosphären, so ist der Stand des Quecksilbers im langen Rohr schon um 28 Zoll höher. Dies würde für Hochdruck viel zu hohe Röhren erfordern, daher paßt der Apparat für solche nicht. Der Sicherheit halber macht man auch die Röhre aus Eisen, setzt einen eisernen Schwimmer auf das Quecksilber und verbindet diesen mit einer Schnur, die über eine Rolle läuft und am Ende ein kleines Gegengewicht hat. An dem Steigen und Fallen dieses Gewichts ersieht man dann den Quecksilberstand. Die offenen Manometer machen die sichersten Angaben; nicht so genau zeigen die geschlossenen, doch werden sie jenen häufig vorgezogen wegen der Bequemlichkeit, daß das Rohr viel kürzer genommen werden kann. Denkt man sich nämlich das Rohr oben geschlossen, so leuchtet ein, daß der Dampfdruck nun nicht mehr den äußern Luftdruck als Gegensatz hat, sondern nur die im Glasrohr eingesperrte Luft, welche sich nach gewissen Gesetzen zusammendrücken läßt. Besteht im Kessel ein Dampfdruck von 1 Atmosphäre, so steht das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich hoch. Sind es 2 Atmosphären, so wird die Luft um die Hälfte ihres Raumes zusammengedrückt, das Quecksilber

reicht bis in die Mitte; der nochmals verdoppelte Druck, 4 Atmosphären, füllt wieder die Hälfte des noch leeren Raumes, also $^3/_4$ u. s. w. Hiernach läßt sich also die Skala am Rohr eintheilen. — Die Federmanometer sind ganz anders beschaffen und bilden eine Art metallener Dosen, die am Kessel angeschraubt sind und in welche der Dampf eindringt. Er bringt nun je nach seiner Stärke einen Druck auf einen elastischen Theil hervor und bewirkt eine Verschiebung, die durch einen Zeiger sichtbar gemacht wird. Bei dem hier abgebildeten Bourdon'schen Manometer ist der elastische Theil eine Art gekrümmter und zusammengedrückter Röhrchen von dünnem Metall, etwa einer gekrümmten Säbelscheide zu vergleichen. Je kräftiger der Dampf hier eindringt, um so mehr strebt sich das Röhrchen gerader zu strecken, sein freies Ende rückt daher an eine andere Stelle und nimmt den Zeiger mit. Diese Metallmanometer finden, weil sie klein und nicht so zerbrechlich wie Glas sind, ihre Stelle hauptsächlich an Lokomotiven.

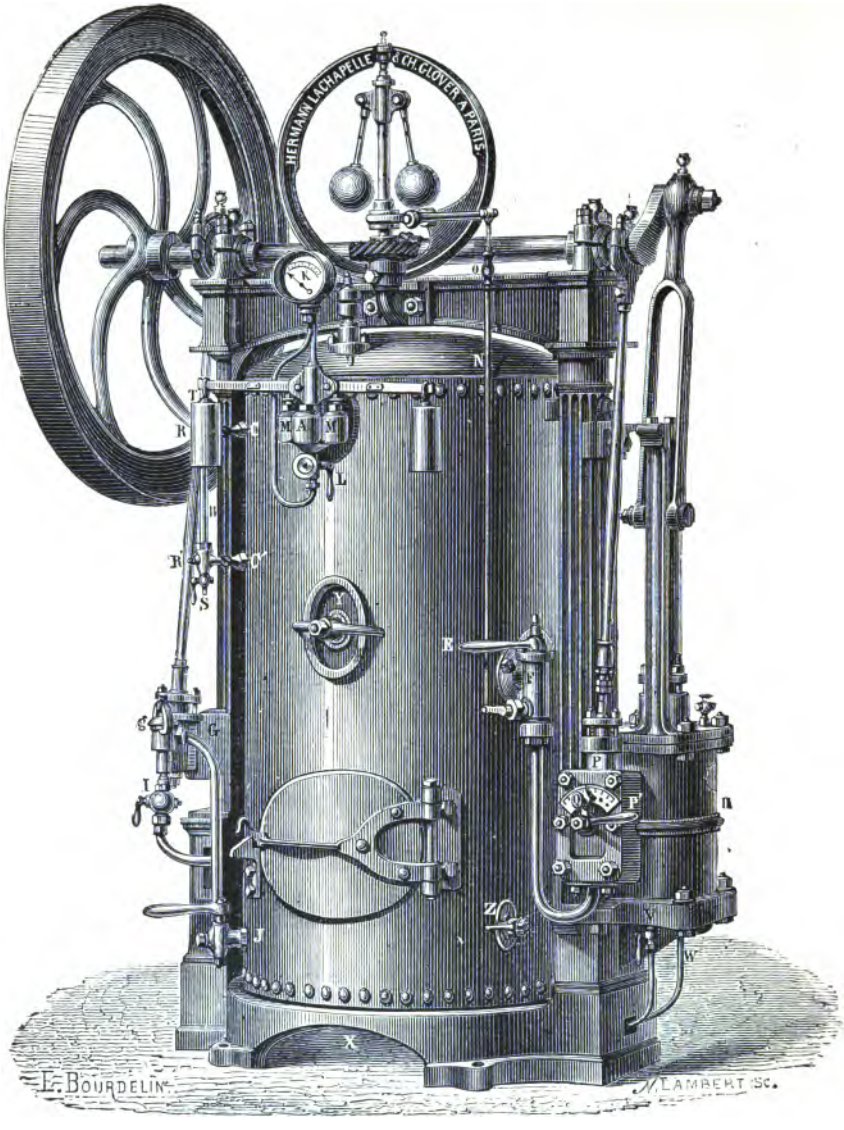
Manometer.

Jeder Dampfkessel hat endlich ein Sicherheitsventil, denn es kann ja kommen, daß das Nachsehen am Manometer einmal versäumt wird. Steigert sich also der Druck im Kessel höher als es sein soll, so drängt der Dampf das Ventil selbst auf und der Kessel bläst, wo dann sogleich Vorkehrungen getroffen, zunächst der Zug des Feuers abgestellt werden muß. Dieses Ventil hat gewöhnlich die Einrichtung, wie sie die Abbildung zeigt. An dem in einem Gelenke gehenden Hebel sitzt eine schlichte Deckplatte, welche die Mündung des Ventils wie ein gewöhnlicher Deckel schließt. Damit dies erfolge, müssen die beiderseitigen Theile sehr fein abgeschliffen sein.


Sicherheitsventil.

Am andern Arm des Hebels zieht ein verschiebbares Gewicht; je weiter es nach dem Ende gerückt wird, desto schwerer wird das Ventil belastet und desto höher kann die Dampfspannung steigen.

Nach dieser Besprechung des Kessels nehmen wir unsere Betrachtung der Maschinen wieder auf. Wenn die Maschinen ohne Balancier die geradlinige Kolbenbewegung in eine rundlaufende verwandeln sollen, wie es doch meistens der Fall ist, so ist eine besondere Vorrichtung hierzu nöthig. Es wird dann der Kolbenstange eine Verlängerung gegeben (die Lenkstange), welche an dem Kopf der ersteren mit einem Gelenke hängt, mit ihrem andern Ende aber den Kurbelzapfen umfaßt, der bei Lokomotiven gewöhnlich gleich an eine Radspeiche gesetzt ist



Transportable Dampfmaſchine.

Der Kopf der eigentlichen Kolbenſtange gleitet dabei, damit ihr Gang durch die Lenkſtange nicht beunruhigt wird, in einer beſondern Führung, der ſog. Couliſſe. Es giebt indeß doch eine Maſchine, bei der die Kolbenſtange direkt an

einem Balancier hängt, die ſog. oſcillirende. Würde man ſich bei der Watt'ſchen Maſchine das Parallelogramm weg- und die Stange an den Balancier gehangen denken, ſo leuchtet ein, daß jene beim erſten Hube abgebrochen würde. Könnte aber der Cylinder nachgeben, ſo ginge die Sache wohl. Dies thut nun der oſcillirende (ſchaukelnde) Cylinder; er hängt in zwei in ſeiner Mitte angebrachten Zapfen, welche hohl ſind und zugleich die Dampfwege bilden, und neigt ſich hin und her, der Stange folgend, iſt deshalb auch oberhalb mit Couliſſen verſehen. Solche Maſchinen ſind auf Dampfſchiffen in Anwendung, weil ſie wenig Raum einnehmen.

In gewiſſen Fällen benutzt man unmittelbar die hin und her gehende Bewegung, und dann wird die Maſchine ſo einfach, daß ſie nur aus Keſſel und Cylinder beſteht. Dies iſt der Fall bei den Dampframmen, wo die Maſchine in den Lüften auf einem Baugerüſt ſteht. Der Dampf hebt den Kolben und mit ihm den daran hängenden Rammblock. Ein Druck macht den Dampf frei und der Block ſtürzt herab. Die Dampfſchmiedehämmer wirken ganz eben ſo. Auch Sägewerke läßt man direkt durch den Dampfkolben treiben.

Lokomobile.

So erſcheint die Dampfmaſchine als die anſtelligſte Dienerin, der mannichfachſten Benutzung und Formveränderung fähig. Ihre Verbreitung iſt noch immer im Zunehmen, namentlich bei den kleineren Induſtriellen, die in ihren Werkſtätten eine Kraftquelle von 1—4 Pferdeſtärken bedürfen. Hierfür hat man jetzt ſog. transportable Maſchinen, welche in ſchon zuſammengeſetztem, ganz fertigem Zuſtande verſandt und an jeder Stelle ſofort ohne Fundament hingeſetzt werden können, welche etwa $1\frac{1}{4}$ Meter Raum in Länge und Breite gewährt. Dieſe netten, ohne Geräuſch arbeitenden Maſchinen haben Röhrenkeſſel wie die Lokomotiven, aber aufrecht ſtehend, und zeichnen ſich überhaupt durch eine gedrängte Bauart aus.

Zwiſchen der eilfertigen Lokomotive und den feſtſtehenden Maſchinen exiſtiren noch einige Mittelglieder, die mehr oder weniger der Ortsveränderung fähig ſind. Von ihnen iſt die Lokomobile oder fahrbare Dampfmaſchine am gewöhnlichſten, ein Ding, das einem Dampfwagen ähnlich iſt, aber zu ſeiner

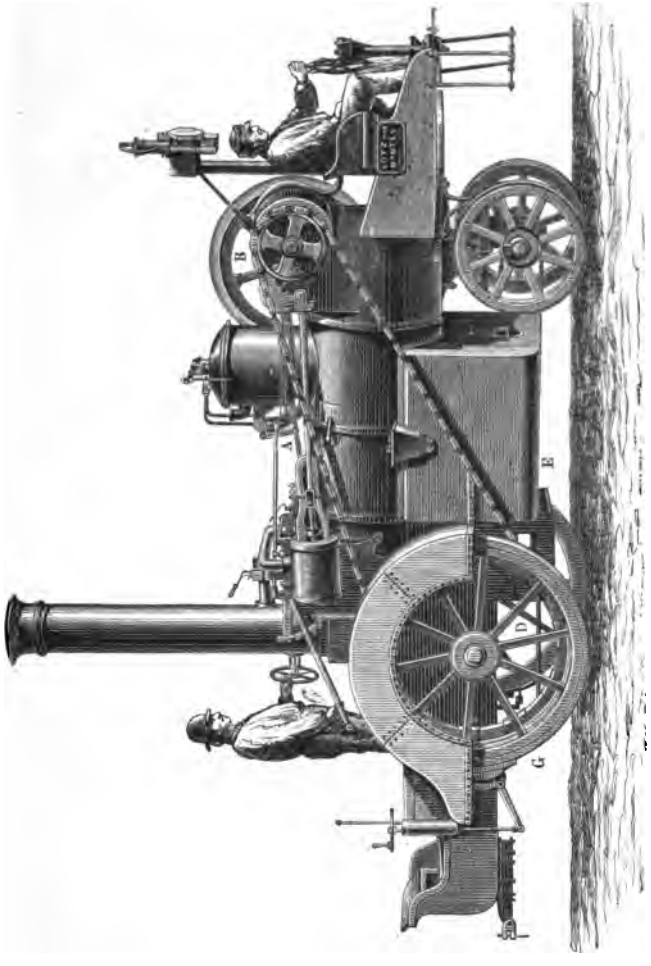
Versetzung selbst Zugpferde bedarf. Man benutzt solche Maschinen in Fällen, wo nur zeitweilig Maschinenkraft gebraucht wird, bei Bauten namentlich, um Entwässerungspumpen zu treiben oder Lasten empor zu ziehen, auf Landgütern zum Treiben von Dreschmaschinen u. dgl. In der Abbildung liegt obenauf der Dampfcylinder in einer kastenartigen Ummantelung; die Kolbenstange dreht das eiserne Riemenrad, über welches bei der Arbeit der Laufriemen gespannt ist, der die Bewegung auf die Arbeitsmaschinen überträgt.

In einzelnen Fällen hat man diese Maschine auch so weit selbständig gemacht, daß der Dampf selbst die vordern Fahrräder dreht und also die Maschine aus eigener Kraft mit der gehörigen Langsamkeit dahin gehen kann, wo sie gebraucht wird. Sie macht so den Uebergang zu noch schwereren und kräftigeren Maschinen, den Straßendampfwagen, welche mit ihren ungemein breiten Rädern wirklich kolossale Zugthiere vorstellen. Diese Klasse ist die jüngste und noch nicht zahlreich vertreten, am meisten in England und auch in Amerika. Es sind eigentlich wieder zwei Klassen: die eine schleppt Lastwagen auf gewöhnlichen Straßen, die andere Omnibusse auf städtischen Linien. Hierbei werden nun zwar die Pferde erspart, aber die Geschwindigkeit derselben kann doch nicht übertroffen werden, weil die Maschinen auf Chausseen und in Straßen eine Menge Hindernisse finden, die nur im langsamen Gange überwunden werden können, während diese Fahrzeuge, wenn sie wie auf einer Eisenbahn dahin stürmen wollten, daran in Trümmer gehen würden. Die Frachtmaschinen gehen daher so schnell wie das Pferd im Schritt, die der Omnibusse gehen ähnlich wie im Trab. In Edinburg besorgt eine Maschine schon seit einigen Jahren den Omnibusdienst der Stadt; ihre Räder sind mit Gummibandagen belegt. Von den Maschinen für schweren Zug hat eine, von Fowler in England, u. a. auch bei der Belagerung von Paris mitgewirkt und im Dienste der Deutschen die schweren Belagerungsgeschütze nebst Munition mit großer Kraft herzugeschleppt, aber dabei auch die Chausseen gründlich ruinirt.

Die Konstruktion von Straßendampfwagen hat schon Vielen Kopfzerbrechen gemacht und so leicht man sich die Sache Anfangs vorstellte, so viele Schwierigkeiten fanden sich, als man an die praktische Ausführung ging. Es sind daher auch mancherlei Auskunftsmittel versucht worden. Boydel's Maschine, die bei der Belagerung von Sebastopol zum Schleppen gebraucht wurde, führte sogar zur Ueberbrückung der Unebenheiten des Weges ihre eignen Schienen mit sich. Jedes Rad war nämlich umgeben mit einer Art endloser Kette von geraden Schienenstücken, die durch Gelenke zusammenhingen und also den Radkreis mit einem Vieleck, sagen wir Zwölfeck, umgaben. Da dieser Besatz vom Rade mit herumgenommen wurde, so mußte immer ein solches Stück zu unterst sein und dem Rade als Laufschiene dienen. Nur werden sich die Stücke bald krumm gezogen haben und dann gewähren sie natürlich keinen Vortheil mehr. — Das folgende Bild stellt einen Straßendampfwagen vor, wie er 1864 von Lotz in Nantes gebaut wurde. Er hat eine Maschine von 12 Pferdekräften und die großen Fahrräder werden von der Kraftwelle B durch zwei endlose Ketten gedreht. Er soll bei gewöhnlicher Geschwindigkeit eine deutsche Meile zurücklegen

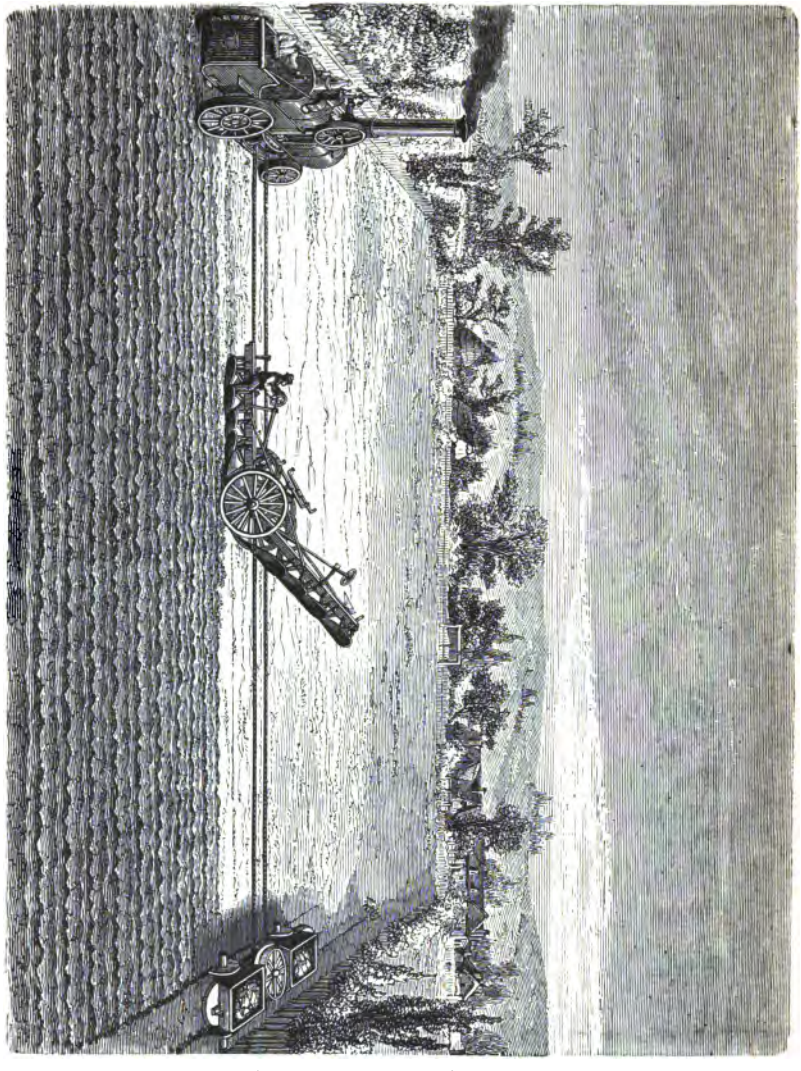
und bis 4000 Ctr. Last ziehen. Die Strecke von 52 Meilen von Nantes nach Paris legte die Maschine in 8 Tagen zurück. Solche Maschinen müssen selbstverständlich ein bewegliches Vordergestell haben, damit sie Bogen fahren können.

Endlich ist der Dampf auch als Feldarbeiter in Dienst genommen worden, wenigstens in England, wo bei den hohen Arbeitslöhnen und andern Verhältnissen wol am ehesten ein Vortheil dabei heraus kommen kann. Man pflügt also dort schon öfter mit Dampf, und auch auf ungarischen Großgütern soll man neuerlich damit begonnen haben. Man läßt entweder durch eine Zugmaschine eine Reihe von Pflügen, die durch einen Balken verbunden sind, direkt über das Feld hinweg ziehen, oder man verfährt noch in der Art, welche zuerst aufkam, mit Benutzung einer Lokomobile und eines Seilzugs, wie es die Abbildung zeigt. Die Lokomobile hat ihren ersten Standort zur Seite des Feldes und an dessen Anfang; ihr gegenüber an der andern Feldseite steht eine Art Karren, welcher eine Seiltrommel trägt. Eine zweite Trommel ist an der Maschine und wird von ihr gedreht. Das Seil ist ein endloses, läuft also von einer Trommel zur andern und auf der andern Seite wieder zurück. An ihm ist ein doppelter Satz von Pflügen angehangen, die unter einem Winkel dergestalt zusammengestellt sind, daß, während die eine Hälfte



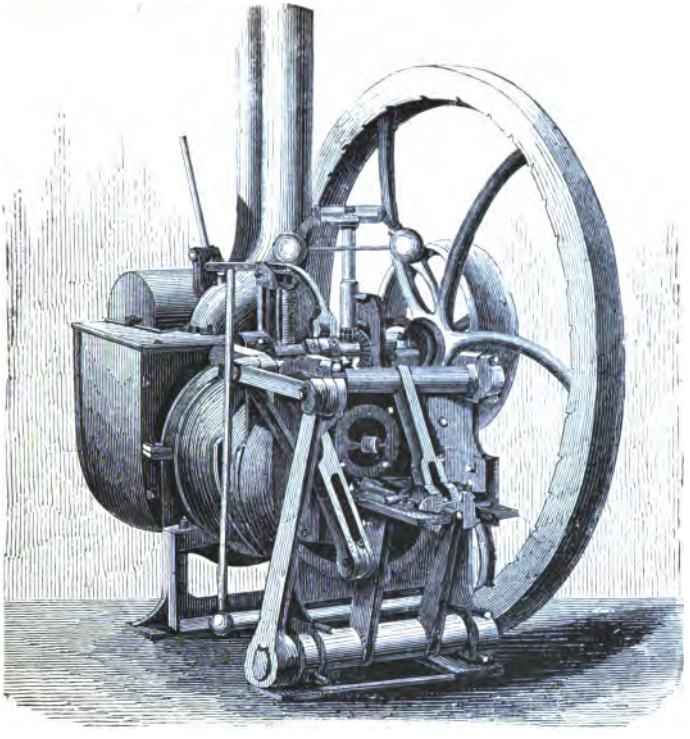
Straßendampfwagen von Loy in Nantes.

arbeitet, die andere ſchräg emporragt. Hat das Pflugſyſtem ſeinen erſten Gang über das Feld gemacht, ſo werden Lokomobile und Karren um die Breite des gepflügten Streifens weiter gerückt, die Maſchine umgeſteuert und die Pflüge gekippt.



Pflügen mit Dampf.

Die bis jetzt müßigen liegen nun zur Arbeit bereit. Infolge der umgekehrten Wirkung der Maſchine kehrt dann das zuſammengeſetzte Werkzeug zu dieſer zurück, und ſo geht die Arbeit abwechſelnd fort.



Ericsson's Heißluftmaschine (Vorderansicht).

Die Heißluft- und die Gasmaschinen.

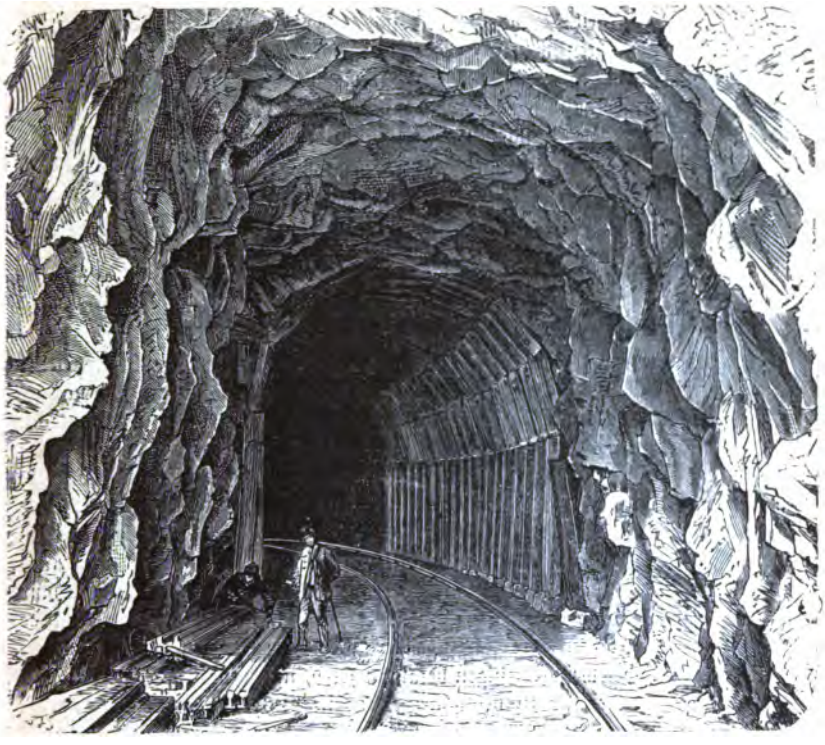
Neuerdings hat man sich bestrebt die Heißluft- und die Gasmaschine als Kraftquellen der Dampfmaschine beizuordnen. Erstere, auch kalorische Maschine genannt, ist eine Erfindung des schwedischen Ingenieurs Ericsson und gründet sich auf die Benutzung der Luft statt des Wasserdampfes, denn wie jeder Körper durch Wärme ausgedehnt wird, so auch die Luft. Wird also Luft in einem geschlossenen Raume erhitzt, so muß sie einen Druck ausüben, folglich einen Kolben forttreiben können. Das Ausdehnungsverhältniß ist ein solches, daß sie, von irgend welcher Temperatur um 100° C. höher erhitzt, dadurch um ein reichliches Drittel ($^{12}/_{30}$) an Volumen zunimmt. Eine Erhitzung um 272° muß demnach mit der Kraft einer Atmosphäre wirken. Die Größe der Kolbenfläche bestimmt dann die Arbeitsleistung. Darauf hin konstruirte Ericsson eine sinnreich erdachte Luftmaschine für Fälle, wo nur 1—2 Pferdekräfte gebraucht werden. Es liegt da ein dicker, vorn offener Cylinder mit dem hintern Theil im Feuerraum, kann also hier glühend gemacht werden. Das an der Vorderseite ersichtliche Hebelwerk schiebt zwei Kolben, einen hinter dem andern, so nach innen, daß der innere Kolben erst voreilt und so zwischen ihm und dem äußern ein

luftleerer Raum entsteht, der aber sogleich durch Luft erfüllt wird, welche durch zwei Klappen im äußern Kolben eindringt. Jetzt rückt auch dieser vor, während die Klappen sich dadurch sofort schließen, und drückt die eingefangene Luft durch einen Ventilring des innern Kolbens in den Glühraum. Hier dehnt sie sich sofort aus, drückt die Kolben wieder nach außen und entweicht durch eine Klappe. Die Kraft wirkt demnach nur beim Ausrücken der Kolben; das Wiedereinrücken und den Fortgang muß das große Schwungrad vermitteln. Solche Maschinen wurden einige Zeit in Buchdruckereien benutzt, sind aber als mangelhaft nicht mehr im Gebrauch. Neuerdings jedoch hat der Franzose Laubereau das Prinzip verfolgt, mit jedem Kolbenhube stets dieselbe Luftmenge in einem geschlossenen Cylinder zuerst zu erhitzen und darauf abzukühlen. Der Amerikaner Ropor stellte eine offene Maschine, die aber eine geschlossene innere Feuerung hat, her. Es wird möglichst kalte Luft unter den Kolben des Arbeitscylinders gepumpt, wo dieselbe durch direkte Berührung das Feuer unterhält. Mit Verbrennungsgasen gemischt tritt sie nun aus dem Feuerungsraume in den Betriebscylinder und wirkt hier zuerst durch Volldruck, dann aber auch durch Expansion auf den Kolben. Allgemeine Aufnahme haben freilich diese Erfindungen ebenfalls nicht gefunden. Mehr Beifall schon verdient die Luftexpansionsmaschine von Lehmann. Dieselbe hat offene Feuerung und stützt sich insoweit auf Laubereau, als in ihr auch immer dieselbe Luftmenge abwechselnd durch Erhitzung und Abkühlung wirkt. Gewiß ist auch die Lehmann'sche Heißluftmaschine noch keine vollkommene; die Zeit wird jedoch kommen, da auch sie zu einem geeigneten Motor für geringere Kraftbedürfnisse sich gestaltet. Einen bessern Erfolg haben die Gasmaschinen als kleinere Kraftspender von $^1/_4$—4 Pferdekraft; sie vermehren sich stetig und empfehlen sich schon dadurch, daß zu ihrem Betriebe nur ein Gashahn erforderlich ist, man sie also augenblicklich in Betrieb setzen und wieder abstellen kann. Die Gasmaschine wurde zuerst 1860 von Lenoir in Paris hergestellt und dann von Hugon, in Deutschland von Otto u. Langen verbessert. Sie ist eigentlich auch eine Luftmaschine, aber die Luft wird in Vermischung von etwa 5 Prozent Leuchtgas in sie eingeführt und dieses Gemisch entzündet. Das Leuchtgas heizt sonach die Luft; die Füllung dehnt sich vermöge der raschen Verpuffung aus und schiebt den Kolben fort. Dasselbe Spiel bringt ihn dann auf der andern Seite wieder zurück. Damit der Cylinder sich nicht nachtheilig erhitze, muß er eine äußere Kaltwasserkühlung erhalten. Bei Lenoir's Maschine geschieht die Entzündung durch einen elektrischen Funken, es ist also eine funkengebende Batterie erforderlich, deren Strom die Maschine selbst schließt und unterbricht. Bei Hugon's und Otto's Maschine ist dieses Beiwerk beseitigt, und die Entzündung geschieht mittels Gas durch ein Zündloch. Otto's Maschine wirkt einseitig und ist eigentlich eine atmosphärische. Der Cylinder steht aufrecht, ein schwerer Kolben mit Zahnstange wird durch die Gasexplosion frei empor getrieben, dann greift die Stange ins Triebwerk und der Kolben geht vermöge der eignen Schwere und des Luftdrucks kräftig ziehend wieder herunter. Ein Schwungrad verwandelt die aussetzende Kraftwirkung in eine stetige.

Viadukt in der Sierra nevada in Nordamerika (Central-Pacific-Bahn).

Das Buch der Erfindungen. II. Bd. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

2.b.47.



Tunnel auf der Central-Pacific-Eisenbahn.

II.
Eisenbahnen und Lokomotiven.

Haben wir bisher die Dampfmaschine hauptsächlich als feststehende Kraftquelle, gleichsam in ihrer Häuslichkeit betrachtet, so bleibt uns jetzt noch übrig, ihr Reiseleben zu schildern und zugleich auf die außerordentlichen Umwandlungen hinzuweisen, welche ihre Anwendung als Transportkraft im gesammten Verkehrsleben der Völker in Rücksicht ihres Wohlstands und ihrer Gesittung hervorgebracht hat.

Wie erstaunt würden unsere Vorfahren sein, wenn sie die Veränderungen sehen könnten, welche die letzten fünfzig Jahre in unserm Reisewesen bewirkt haben, oder die reisenden Kaufherren im Mittelalter, wenn sie sich zur Leipziger Messe begaben, ihre Fuhrwesen mit einem heutigen Meßtrain vergleichen könnten, der mit keuchender Eile den Käufer aus dem Orient zu dem Verkäufer aus dem Occident führt! Das Märchen der Siebenmeilenstiefel steht an der

Schwelle der Wahrheit. Wie würden sich Martin Behaim oder Marco Polo, die berühmtesten Reisenden des Mittelalters, wundern, wenn sie jetzt einen langen Eisenbahnzug sähen, wie er in vollem Laufe, zischend, pfeifend und brüllend wie die fabelhafte Seeschlange, sich durch die Ebene und zwischen Berg und Thal dahinwindet, ja unter Bergen hindurch und über Alpenketten hinweg seinen Lauf nimmt, und wenn man ihnen sagte, daß das dämonische, Feuer und Dampf speiende Vorgespann dieses Völkerfahrzeuges sein scheinbares Leben nur dem Gegeneinanderwirken von Feuer und Wasser, oder im letzten Grunde nur der ausdehnenden Kraft der Wärme verdanke.

Alle frühern Verbesserungen des Fuhrwesens und der Reisemittel sinken in Nichts zurück vor der Erfindung der Eisenbahnen und Lokomotiven, die den menschlichen Verkehr in Krieg und Frieden auf das Erstaunlichste umgestaltet und ihm ein ganz neues Gepräge gegeben haben. Die Eisenbahn befördert die Passagiere in Massen, zu Hunderten und Tausenden auf einmal, und die schnellsten Tagereisen der alten Posten werden fast in eben so viel Stunden abgemacht. Haben wir doch 1870 in Sturmeseile dem feindseligen Nachbar eine Million Streiter ins Land geworfen und dagegen dessen ganze entwaffnete Feldarmee nach Deutschland versetzt! Aber selbst diese erstaunliche Massenbewegung würde doch nur eine kleine Minderheit bilden in Vergleich zu den Menschenmengen, welche sich im gewöhnlichen täglichen und nächtlichen Verkehr nur im Laufe eines Jahres auf allen Bahnen Deutschlands bewegen. Freilich kann man diese nur auf dem Papier addiren. Man darf aber nur die so viel verzweigte deutsche Eisenbahnkarte betrachten und sich sagen, daß es keine Station giebt, die nicht täglich von mehr oder weniger Zügen befahren wird, um wenigstens eine schwache Idee vom ganzen Verkehr zu bekommen. Es ist dies die große bürgerliche Mobilmachung, der keine Abrüstung folgt. Und wie rasch hat sich das Alles gestaltet! Im Jahre 1838 wurde die erste mit Lokomotiven befahrene Bahn, die Leipzig-Dresdener, eröffnet; 1869 hatte Deutschland außer Oesterreich schon 2336 Meilen Schienenwege, und noch immer wird das Netz sowol im Innern mit neuen Verbindungslinien durchzogen als nach Außen mit den Nachbarländern enger verknüpft, neue Wege über die Alpen, das Erzgebirge u. s. w. geschlagen. Aber nicht allein England, Deutschland und Europa überhaupt haben sich in dieser kurzen Periode mit Schienen bedeckt, sondern die Eisenbahn ist bereits ein Weltinstitut geworden. Alle fünf Welttheile haben sich daran betheiligt, am stärksten aber Nordamerika, wo häufig der Schienenweg es ist, der erst neue Ansiedlungen und Städte auf bisher unbenutztem Boden hervorruft. Betrachten wir nun die Entstehung und Entwicklung dieses welthistorischen Verkehrsmittels etwas näher.

Fahrgeleise herzustellen, welche, völlig eben, den Rädern möglichst geringe oder gar keine Hindernisse entgegen stellen, ist eine so uralte Erfindung, daß wir uns in der That wundern müssen, daß man nicht schon lange darauf kam, diese Einrichtung auf den gewöhnlichen Fahrstraßen anzuwenden. Schon den Völkern des grauen Alterthums, den Aegyptern, Indern und Persern, waren solche Geleise längst bekannt, und wir können es nur dem Zeitalter der Barbarei

zuschreiben, welches zwischen der Blüte jener damals schon hochgebildeten Völker und der neuern Zeit liegt, wenn, mit vielleicht mancher andern, auch diese Erfindung im Strome der Vergessenheit begraben wurde. Die Inder und Aegypter legten, um die ungeheuern Steinmassen, deren sie sich zu ihren gewaltigen Bauten bedienten, aus den Steinbrüchen zur Baustelle zu bewegen, große behauene Quadersteine dicht an einander und bildeten so eine Steinbahn, in welche die Räder der Blockwagen nach und nach die Geleise selbst einschnitten, und in den Ruinen von Baalbek und Palmyra finden wir noch die Spuren dieser Steinbahnen, die, den alten Schriftstellern zufolge, selbst durch die Wüste fortgeführt wurden. Auch die Römer hatten ähnliche Steinbahnen, welche sie bei ihren Hauptstraßen anwendeten. Da es sich indessen zeigte, daß durch die unmittelbare Einwirkung der Wagen auf den Stein endlich sogar die Granitquadern, aus denen man diese Bahnen zusammensetzte, brachen, so kamen diese Wege nicht weiter besonders in Aufnahme und selbst die großen derartigen Römerstraßen verfielen mit dem Falle des Römerreiches. Dem deutschen Bergbau war es indessen vorbehalten, ein neues Straßenbausystem zu begründen. Der Transport der Erze und Steine in den Bergwerken des Harzes wurde nämlich auf Holzbahnen bewirkt, welche aus zwei auf hölzerne Unterlagen gestreckten Balkenreihen bestanden, die, genau gleichlaufend und nach einem regelmäßigen Falle gelegt, den Wagen eine sehr ebene Bahn gaben und dadurch gestatteten, daß ein Pferd eine vierfach größere Last bewältigen konnte als auf den gewöhnlichen Wegen. Die Königin Elisabeth, welche vor 300 Jahren ihr jungfräuliches Scepter über England schwang, ließ deutsche Bergleute aus dem Harze nach England kommen, um dort die Stein- und Eisengruben, namentlich aber die daselbst immer mehr in Aufnahme kommenden Steinkohlenwerke zu bearbeiten, und mit diesen Bergleuten kamen auch die Holzbahnen nach England, wo wir sie schon im Jahre 1676 in New-Castle in vollem Gebrauche finden. Der große Bedarf an Holz für diese Bahnen aber und deren verhältnißmäßig kurze Dauer — da sie durchschnittlich nicht länger als sechs Jahre aushalten — ließ ihre Verbesserung wünschenswerth erscheinen; namentlich war dies der Fall in dem Bergwerke von South-Hetton, wo die Bahnen einen so bedeutenden Fall hatten, daß man die Wagen ohne Pferde

Das Steinkohlenwerk Broseley in der Grafschaft Salop.

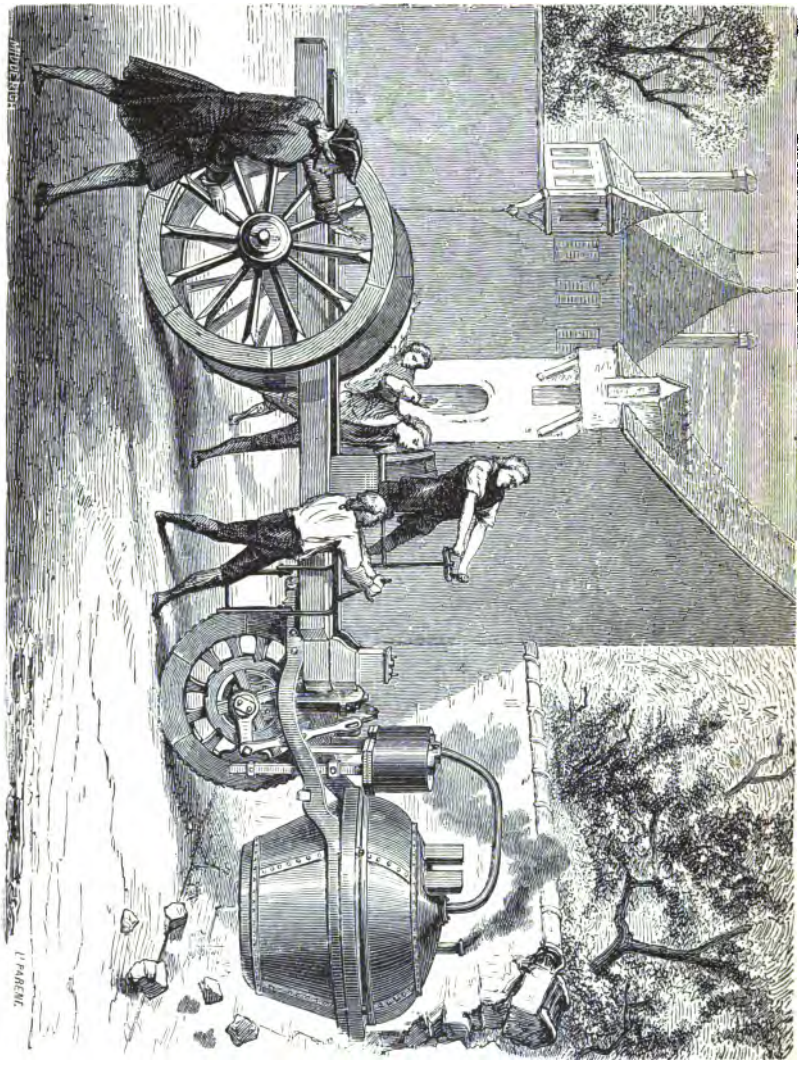
die Bahn abwärts laufen ließ und den beladenen Wagen in einem Zuge leerer Wagen ein Gegengewicht gab, indem man an den beladenen Zug ein Seil befestigte, dasselbe auf der Höhe des Berges um eine Rolle legte, es auf einer zweiten Bahn abwärts zu den entleerten Wagen zog und an diese befestigte.

Ein großer Fortschritt in diesem Systeme fand aber im Jahre 1767 statt. Es waren in der Zeit vorher mehrfach an die Stelle der Holzbahnen die Steinbahnen getreten, aber einerseits war die Fahrt auf denselben den Wagen nicht eben vortheilhaft, andererseits aber waren die Bahnen sehr rauh; dadurch wurde die Reibung vergrößert und der Nutzeffekt vermindert, auch nutzten sich diese Bahnen fast eben so schnell ab wie die Holzbahnen. Um die oben erwähnte Zeit stand das Eisen in einem so niedrigen Preise, daß es nicht die Fabrikationskosten trug und man damit umging, die Hochöfen, in welchen es erzeugt wurde, eingehen zu lassen. Dies ist indessen keine Kleinigkeit, und abgesehen davon, daß auf solche Weise eine große Menge Menschen um ihren Lebensunterhalt kommen, ist es auch mit vielen Kosten und Umständen verknüpft, wenn, beim Eintritt anderer Zeiten ein auf solche Weise eingegangenes Eisenwerk wieder in Aufnahme gebracht werden soll. Deshalb faßte Reynolds, einer der Theilnehmer an den Eisenwerken von Colebrookdale in der Grafschaft Shropshire, den Entschluß, jene Werke selbst mit Opfern aufrecht zu erhalten. Sie gehörten zu den größten derartigen Anstalten in England und mit ihrem Untergange wären große Verluste verknüpft gewesen. Reynolds sann daher auf neue Verwendungsarten des Roh- und Gußeisens.

Eine der ersten Anwendungen, für welche man sich entschied, gestattete der Brückenbau. Man beschloß, über den Strom, der bei dem Eisenwerke vorbeifließt, eine gußeiserne Brücke zu bauen, und zwei Schmiedemeister, John Wilkinson und Albert Darley, machten dazu im Jahre 1773 den Entwurf. Die einzelnen Theile der Brücke selbst wurden in den nächstfolgenden Jahren in offenem Sande gegossen, und im Jahre 1779 stand die Brücke vollendet da. Sie bildet einen flachen Bogen von 32 Meter Spannung und besteht ganz aus Eisen, so daß sogar der Brückenbeleg durch eiserne, 7 Centmtr. starke Platten hergestellt ist. Die Breite der Brücke beträgt 6 Meter und die Eisentheile wiegen 382,285 Kilogramm. Dieser erste gelungene Versuch zog dann bald mehrere nach sich, z. B. die Brücke über den Wear bei Sunderland in der Grafschaft Durham, die 90 Meter Spannung hat, und deren Bogen nach der Mitte nur 10 Meter steigt. Ihr Bogenschluß liegt 32 Meter über der Wasserfläche des Wear, so daß Schiffe mit hohen Masten unter ihr durchgehen. Es finden sich jetzt, sowol in England als auf dem Kontinente, eine nicht unbedeutende Menge Brücken von Guß- und Schmiedeeisen. Eine andere Anwendung des Gußeisens machte Reynolds, indem er die Eisenbarren etwas länger als gewöhnlich gießen und dieselben dann auf die Langschwellen der Holzbahnen legen ließ, so daß dieselben das Geleise bildeten. Später, meinte er, wenn die Eisenpreise sich heben würden, könne man diese Geleise wieder aufnehmen und verwerthen, da die Abnutzung keineswegs bedeutend sein würde. Diese neuen Schienenwege wurden in und um Colebrookdale vielfach in Anwendung gebracht und zeigten sich höchst vortheilhaft.

Bald bemühte man sich, diese neuen Schienenwege noch zu vervollkommnen und zwar dadurch, daß man die Geleise in denselben vertiefte, eine Einrichtung, welche aber nach einigen Jahren durch die in den Steinkohlenwerken in der Nähe von Sheffield angewendeten Randschienen verdrängt wurde. Die Schienen dieser Art waren ziemlich dünn, flach und hatten an der äußern Seite einen aufrecht stehenden Rand, um das Ausweichen der Räder vom Geleise zu verhindern. Bald aber fand man es für besser, die Schienen ganz flach zu machen und statt dessen den inneren Kanten der Räder einen Vorsprung zu geben, mit dem sie sich in vorkommenden Fällen gegen die Schienen legen konnten, um stets das Geleise zu halten. Aus den Flachschienen aber wurden nach und nach die Hochschienen, wie wir sie jetzt auf allen unsern Eisenbahnen sehen, und welche den Erfolg hatten, daß ein Pferd bequem die Last ziehen konnte, zu deren Fortschaffung man sonst auf gewöhnlichen Wegen wol bis zehn Pferde gebraucht hatte, und daß dennoch die Bewegung selbst schneller von statten ging. Endlich verließ man das Gußeisen, weil die Schienen oft sprangen und, wenn einmal die äußere harte Oberfläche abgenutzt war und der innere weiche Kern des Gußeisens frei lag, schnell unbrauchbar wurden, und wendete nur Schmiedeeisen an. So weit waren die Eisenbahnen gediehen, aber sie waren noch immer Eigenthum der Bergwerke und allenfalls der Fabrikanten. Es wurde zwar durch ihre Anwendung an Zugkraft bedeutend erspart, aber an Schnelligkeit verhältnißmäßig nur wenig gewonnen. Dies konnte auch nicht anders sein, so lange man noch an die Pferdekraft zur Bewegung der Wagen auf den Eisenbahnen gebunden war, und eben so wenig konnte man daran denken, die Eisenbahnen zur Beförderung von Reisenden anzuwenden und sie aus den Bergwerken auf das flache Land zu ziehen. Man dachte also darauf, die Bewegung mechanisch zu machen. Da man sich nun schon längere Zeit der Pferdegöpel bedient hatte, die aber eben keine schnellere Beförderung gestatten, so hoffte man nun den Dampf anwenden zu können, indem damals die Dampfmaschine schon bedeutend ausgebildet und man namentlich durch Erfindung der Hochdruckdampfmaschinen im Stande war, mit verhältnißmäßig sehr kleinen Maschinen einen sehr bedeutenden Effekt hervorzubringen. Kapitän Trevithik, ein geistreicher Ingenieur, der sich in den Bergwerken von Cornwallis ausgebildet hatte, war der Erste, welcher den Versuch machte, den Dampf zu Zwecken der Weiterbeförderung zu benutzen, und im Jahre 1802 nahm er in Verbindung mit Vivian das erste Patent auf eine Hochdruckdampfmaschine in Gestalt eines Wagens, deren er auch mehrere baute und von denen eine im Jahre 1805 in den Werken von Merthyr-Tydvil im Gebrauche war, welche, einen Lastzug von 200 Centnern Eisen und mehrere Personen von der Stelle bewegend, die zwei deutsche Meilen betragende Entfernung in $1\frac{3}{4}$ Stunden zurücklegte. Gleichzeitig baute auch Oliver Evans in Nordamerika eine Lokomotive, aber erst dem Engländer George Stephenson war es beschieden, dem Dampfwagen diejenige Einrichtung zu geben, die ihn zum wirklichen mechanischen Last- und Rennpferde macht. Daß übrigens die Franzosen, die für das Eisenbahnwesen gar nichts geleistet haben, doch den ersten Erfinder unter sich suchen, ist nicht zu verwundern. Ihr Anspruch gründet sich auf

einen abenteuerlichen Mechanismus, den 1770 ein gewisser Cugnot im Arsenalhofe zu Paris probirte, und den wir der Kuriosität halber hier abbilden. —



Französischer Dampfwagen, versucht im Jahre 1770.

Das Original soll sich noch heute in einem Schuppen des Arsenals vorfinden. — George Stephenson ist es wohl werth, daß wir bei dessen Person und Leistungen etwas verweilen, denn er giebt ein glänzendes Beispiel dafür, wie

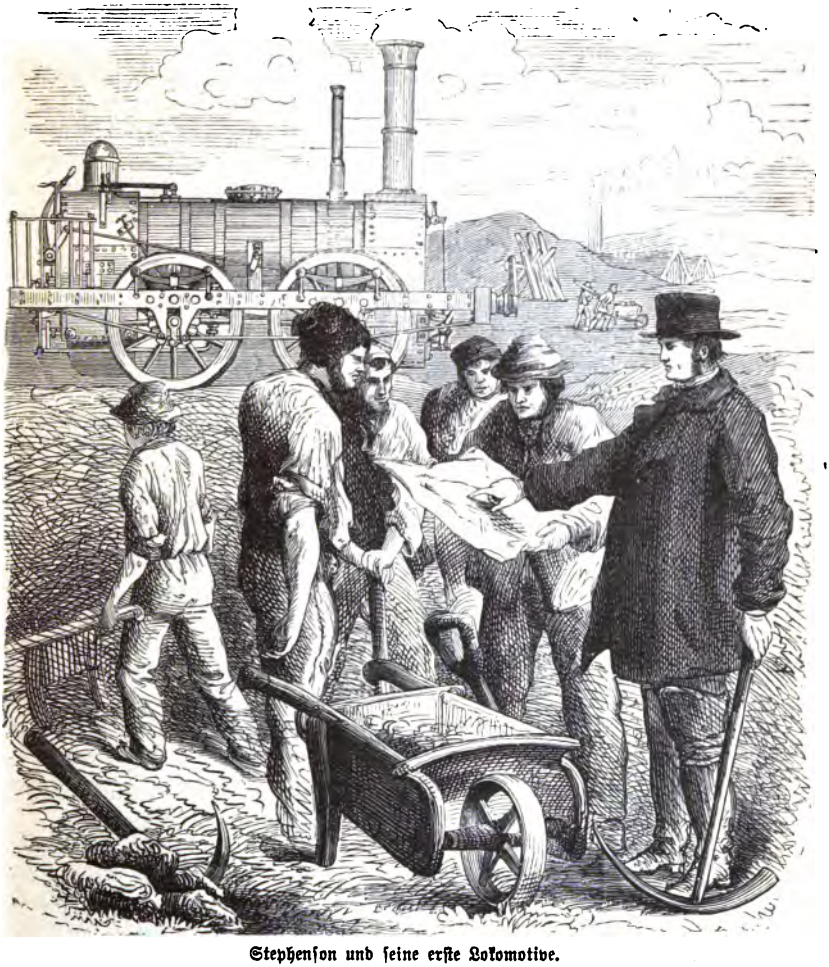
Talent und Geistesgaben auch dem Niedriggeborenen nicht nur verliehen sind, sondern durch beharrliche Ausdauer auch entwickelt und zu hoher Ausbildung gebracht werden können. In ärmlichen Verhältnissen, als Kind eines Maschinenheizers, wurde Georg 1781 in dem Kohlenarbeiter-Dörfchen Wylam bei Newcastle geboren. Seine Kinderjahre verlebte der aufgeweckte Junge, wie es unter solchen Umständen natürlich, unter Mangel und Entbehrungen. Seine Lieblingsbeschäftigung war, kleine Wasserräder, Windmühlen u. dgl. zu schnitzen und die Maschinen, die er in den Bergwerken sah, in Lehm nachzubilden. Frühzeitig mußte er sich nach kleinen Verdiensten umsehen, und so fungirte er der Reihe nach als Hirtenjunge, Feldarbeiter und Hülfsbursche in den Kohlenwerken. In seinem 17. Jahre wurde er Wärter einer Dampfmaschine an einem Kohlenschacht, und diese Beförderung dünkte ihm nichts Geringes, zumal da hiermit sein Lieblingswunsch, sich ganz dem Maschinenwesen widmen zu können, in Erfüllung zu gehen anfing. Unablässig studirte er nun seine Maschine, zerlegte, reinigte sie und setzte sie wieder zusammen, so oft es sich thun ließ. In seinem Streben nach Weiterbildung fühlte er immer drückender, wie hemmend es war, daß er weder lesen, noch schreiben und rechnen konnte, und so ging er als neunzehnjähriger Bursche getrost dreimal wöchentlich zu einem Abendschulhalter, wo er bei eisernem Fleiße, trotz der Mangelhaftigkeit des Unterrichts, reißende Fortschritte machte. Jede freie Stunde und viele Nachtstunden verwandte er auf seine Fortbildung, und nicht minder auf unmittelbar lohnende Arbeit. Er war neben seinem Amte Schuhmacher, Leistenschneider und bald auch ein gesuchter Uhrendoktor. Im Jahre 1802 hatte er so viel zusammen gespart, daß er sich häuslich einrichten und heirathen konnte. Da saß er denn die Abende an der Seite seiner jungen Frau, baute Modelle, machte Schuhe, reparirte Uhren und mühte sich gleich den meisten sich selbst bildenden Mechanikern mit der Erfindung eines Perpetuum mobile ab. Schon nach drei Jahren verlor er sein geliebtes Weib, aber es blieb ihm sein Söhnchen Robert, und die Sorge um seine Erziehung war ihm ein neuer Sporn zu fernerem rastlosen Schaffen, Versuchen und Sparen. Denn sein Sohn sollte etwas Rechtes werden und von Jugend auf den Unterricht erhalten, dessen Mangel er selbst so drückend gefühlt hatte.

Ein Wendepunkt in Stephenson's bescheidenem Lebenslaufe trat ein, als es ihm gelungen war, auf einem Kohlenwerke eine große ungangbar gewordene Wasserhebemaschine wieder herzustellen; er wurde nun vielfach als Ingenieur und Maschinenmeister gesucht, und bekam bald alle Hände voll zu thun. Immer mehr erwies er sich als ein kenntniß- und erfindungsreicher, strebsamer Mann. Sein Häuschen enthielt ein wahres Museum von allerhand Modellen und Apparaten. Den Sohn schickte der Vater frühzeitig auf die Akademie nach Newcastle und fühlte sich glücklich, wenn derselbe ihn Sonntags besuchte und Bücher und Zeitschriften mitbrachte, aus denen sich etwas Neues lernen ließ. Da wurde eifrig verhandelt, gezeichnet und modellirt; es war ein förmlicher wechselseitiger Unterricht. Der Vater erwartete von seinem Sohne viel und hat sich nicht getäuscht. Robert Stephenson wurde der berühmteste Ingenieur seiner Zeit, der auch zur weitern Ausbildung der Lokomotive nicht wenig beitrug. Vor der

Hand aber war diese erst in ihren Vorläufern vorhanden, einigen mißlungenen Versuchen, die von diesem und jenem Ingenieur gemacht worden waren. Stephenson verschaffte sich Kenntniß von der Lage der Dinge, und es wurde ihm klar, daß sich etwas Besseres herstellen lasse. Er stand also nun vor seiner großen Lebensaufgabe und ließ nicht mehr ab, bis er die Lösung gefunden. Er war inzwischen Direktor der großen Kohlenwerke des Lord Ravensworth geworden und spannte auf den dort bereits vorhandenen Schienenwägen 1814 die erste Lokomotive vor die Kohlenzüge. Aber nicht so rasch stieg das neue Transportmittel aus seinem bergigen Geburtslande für den allgemeinen Gebrauch in die Ebene herab. 1825 legte er eine größere Kohlenbahn zwischen den Städten Stockton und Darlington an und lieferte dazu 5 Dampfwagen aus seiner inzwischen zu Newcastle errichteten Maschinenfabrik. Mit dieser Bahn schließt der erste Abschnitt in der Entstehungsgeschichte der Lokomotive ab; die damaligen Dampfrosse waren noch sehr schwächlich und langsam und gingen kaum rascher als ein wirklicher Gaul im Zuge. Der Kessel hatte damals zwei aufrechtstehende Cylinder, für jedes Räderpaar einen; jede Kolbenstange hatte auf dem Kopfe ein Querstück und von den vier Enden derselben ging je eine Lenkstange herunter nach einem Rade, um dasselbe mittels Kurbelzapfens zu drehen. Der einfache Kessel konnte eben nicht Dampf genug entwickeln, um größere Geschwindigkeiten zu erzielen. Stephenson trieb aber seine Erfindung weiter und gab ihr die Vollendung, die sie zur Lokomotive im heutigen Sinne machte. Dies geschah vornehmlich durch Anwendung des jetzt gebräuchlichen Kessels mit einer Menge dünner Siederöhren und durch die Leitung des abgehenden Dampfes in den Schornstein. So wurde einerseits die Dampfentwicklung, anderseits der Zug des Feuers wesentlich gesteigert, und zwar

George Stephenson.

ſteigert hierbei immer eins das andre, ſo daß die Eiſenbahnzüge eigentlich immer ſchneller und ſchneller laufen müßten, wenn ſich nicht der Widerſtand der Luft dem entgegen ſetzte.



Stephenſon und ſeine erſte Lokomotive.

Das allgemeine Bekannt- und Berühmtwerden Stephenſon's und ſeiner Leiſtungen ſchreibt ſich her von der Eröffnung der erſten 7 Meilen langen Verkehrsbahn, derjenigen, welche die wichtige Hafenſtadt Liverpool mit der eben ſo bedeutenden Fabrikſtadt Mancheſter verbindet. Dort hatte der ungeheure Verkehr mit Waaren und Rohſtoffen ein Transportbedürfniß geſchaffen, das mit den alten Mitteln nicht mehr befriedigt werden konnte. Ein Bahnbau wurde

beschlossen und durch Stephenson ausgeführt, noch ehe man einig war, welches Transportsystem, ob Pferdebahn, Seilzug mit stehenden Maschinen oder Lokomotiven, zur Anwendung kommen sollte. Stephenson natürlich verwendete sich stark für letztere. Es wurde eine Preisbewerbung für solche ausgeschrieben und für diejenige eine Prämie gesetzt, welche bei einer bestimmten Belastung einen bestimmten Grad von Geschwindigkeit entwickeln würde. Am 6. Oktober 1829 begann der Wettkampf zwischen der von Stephenson Vater und Sohn gestellten Lokomotive „Rakete" und einigen anderen von verschiedenen Technikern gestellten, zum Theil sehr mangelhaften Bewegungsmaschinen. Die „Rakete" bestand die Probe so glänzend, daß sie dreimal mehr leistete als verlangt wurde. Hiermit war das System der Eisenbahn, wie wir es jetzt vor Augen haben, glänzend begründet und diese erste Bahn wurde das Muster aller spätern. G. Stephenson starb reich an Gütern und Ehren am 12. August 1848.

Die Liverpool-Manchester-Eisenbahn wurde also nur in Absicht der Güterbeförderung angelegt. Damals ließ der Vorsitzende des dafür eingesetzten Unterhausausschusses George Stephenson rufen und wollte, wie man zu sagen pflegt, den Mund recht voll nehmen, indem er ihm die Frage vorlegte, ob man eine Lokomotive bauen könne, die eine deutsche Meile in der Stunde durchliefe. Der Ingenieur bejahte. Da faßte der Frager sich ein Herz und that die verwegene Frage, ob man es vielleicht bis zu zwei Meilen per Stunde bringen könne. Stephenson bejahte abermals, aber in einem Tone, der jede weitere Frage abschnitt. Acht englische Meilen in der Stunde schien damals das Höchste; jetzt fährt man mit den Schnellzügen zwei englische Meilen in drei Minuten. Je mehr die Lokomotive an Schnelligkeit gewann, desto mehr Menschen drängten sich zur Benutzung dieser zeitsparenden Einrichtung, und desto stärker wurde das Verhältniß der Personenwagen zu den Güterwagen. Bei dem Wagstücke einer Eisenbahn zwischen Leipzig und Dresden dachte man natürlich, da keine von beiden Städten an einem Seehafen liegt, mehr an Personen als an Güter. Man berechnete ängstlich, wie viel Dresdener Leipzig und wie viel Leipziger Dresden alljährlich besuchten und ob sich wol die Zahl derselben durch die Eisenbahn verdreifachen würde. Hätten die Gründer nur einen Blick in einen Zukunftsspiegel werfen können, um den großartigen Personenverkehr und den noch viel weniger geahnten riesenhaften Güterverkehr unserer Tage vorher zu sehen!

Die größte Schwierigkeit, welche die Anwendung des Dampfes in der Lokomotive auf den Eisenbahnen vor ihrer allgemeinen Aufnahme zu überwinden hatte, war ein ebenso allgemeines als verzeihliches Vorurtheil. Man glaubte nämlich, daß es allerdings nicht schwer sei, durch eine Dampfmaschine die Räder eines Wagens zu bewegen, war aber im voraus überzeugt, daß diese Räder sich dann stets auf der Stelle drehen und den Wagen auf den Schienen nicht vorwärts bringen würden, oder daß doch, im Falle dies wirklich gelänge, die geringste Steigung der Bahn diese Bewegung sogleich aufheben müsse. Daher war auch der erste der vor Stephenson aufgetretenen Dampfwagen zwar mit glatten Rädern versehen, er hatte aber noch ein besonderes Zahnrad, welches in eine Zahnstange auf der Bahn griff und so die Bewegung des Wagens bewirken sollte.

Jetzt ist man längst über diesen Irrthum hinaus, und es sind verhältnißmäßig sehr bedeutende Steigungen, welche durch die Lokomotiven mit glatten Rädern überstiegen werden, indem die Anhaftung der Räder auf den Schienen, sobald man nur den Lokomotiven das gehörige Gewicht giebt, vollkommen hinreicht, um einen dazu im gehörigen Verhältnisse stehenden Zug fort zu bewegen. Hat Regen oder Glatteis die Schienen so schlüpfrig gemacht, daß die Anhaftung nicht gehörig wirken kann, so befindet sich auf den Lokomotiven ein Kasten, welcher die Schienen vor den Triebrädern mit Sand bestreut und so die nöthige Anhaftung wieder bewerkstelligt.

Am bequemsten und wohlfeilsten lassen sich natürlich Bahnen anlegen in ganz ebenem Flachlande; indeß sind doch die Fälle selten, wo auf lange Strecken gar nichts abzugraben oder aufzuschütten wäre, vielmehr hat auch eine anscheinend flache Gegend ihre Senkungen und Steigungen. Betragen diese im Flachland auf 64 Meter eine Steigung von $^1/_3$ Meter, oder im Hügelland auf 32 Meter $^1/_3$ Meter, so läßt man es dabei bewenden und fährt darüber hin. Die meisten Bahnen zeigen daher auch eine Abwechselung von geraden und geneigten Ebenen, wie die Zeichenpfähle längs derselben ersehen lassen. In wirklichen Gebirgsbahnen kommen dagegen noch viel stärkere Steigungen vor neben den mannichfachsten Hin- und Herwindungen, durch welche die Bahnen um so viel verlängert werden, daß es möglich wird, die gesammte zu überwindende Steigung darauf zu vertheilen.

Als Mittel zur Bewältigung starker Steigungen dienen erstlich große, also kräftige und schwere Lokomotiven, und dann die Verkoppelung der Räder. Je mehr Kraft eine Lokomotive entwickelt und je schwerer sie ist, desto besser eignet sie sich zum Besteigen schiefer Ebenen; darum werden auch die größten Dampfwagen auf Gebirgsbahnen gefunden. Die Verkoppelung der Räder durch Verbindungsstangen finden sich jetzt an den meisten Lokomotiven, entweder so, daß nur zwei Stangen das eigentliche Triebräderpaar mit dem dahinter befindlichen Paare verbinden, oder es gehen außerdem noch zwei andere Stangen nach zwei vorn befindlichen Rädern. Der bedeutende Nutzen dieser Einrichtung besteht darin, daß sie die Zahl der Triebräder vermehrt, d. h. solcher, welche durch die Maschinenkraft bewegt werden und sich thätig gegen die Schienen stemmen, während die andern Räder sich nur leidend verhalten und nur durch das Fortgehen des Zuges gedreht werden. Die einfache Maschine geht also auf 2, die gekoppelte auf 4 oder 6 Beinen, hat also den doppelten oder dreifachen Halt an den Schienen. Auf der Semmeringbahn sind die Koppelungen noch viel weiter nach hinten fortgesetzt, aber bei den dort vorkommenden scharfen Krümmungen können starre Verbindungsstangen nicht gebraucht werden und man hat sich mit Verzahnungen helfen müssen. Alle zu koppelnden Räder haben daher Zahnkränze neben dem glatten Radkranz und zwischen je zweien geht immer ein eingreifendes Verbindungsrad mit hölzernen Zähnen, das die Drehung weiter giebt. Diese Einrichtung läßt dem Zuge Spielraum sich in Bogen zu bewegen. Einrichtungen, welche ganz außergewöhnliche Kletterpartien ermöglichen, werden wir später noch bei der Mont-Cenis-Bahn und der Rigibahn kennen lernen.

Bei der Anlage der Liverpool-Manchester-Bahn hatten die Ingenieure mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen, die dadurch noch vergrößert wurden, daß man mit der ganzen Arbeit noch nicht vertraut genug war und daß etwas ganz Neues, Unerhörtes geschaffen werden sollte, an dessen möglicher Vollbringung alle Welt zweifelte. Hier waren Berge zu übersteigen und Thäler zu durchschneiden, aber viel größere Schwierigkeiten bot der Moraſtboden dar, der sich im nördlichen Theile von England so häufig findet und der dennoch so fest gemacht werden mußte wie der gewöhnliche Erdboden, wenn er im Stande sein sollte, die Laſten zu tragen, welche auf ihm bewegt werden sollten. Hier wurden Reisigbündel in ungeheurer Zahl in den Moraſt versenkt und so nach und nach eine Art schwimmendes Fundament mit sehr breiter Grundlage gebildet, auf das man immer höher und höher baute, je tiefer dasselbe, seine weiche Unterlage theils zusammendrückend, theils zur Seite drängend, einsank, bis man endlich dahin gelangte, den Sand und Kies für die Unterlagen der Schienen aufzubringen und so auf dem trüglichen Boden eine feste und dauerhafte Straße zu bilden. In der Bahnlinie lag auch ein schmales, von einem Flusse durchzogenes Thal, das Sankey-Thal, von zwei Bergabhängen begrenzt, auf welchen herab und hinauf man die Bahn nicht füglich führen konnte. Hier beschloß man, die Bahn in der Höhe der beiden Bergabhänge quer über das Thal zu führen — einen Viadukt anzulegen. Zu diesem Zwecke wurde bis an den Fluß eine Mauer hinabgeführt, dann der Fluß mit einer Bogenstellung überschritten und an der andern Seite wieder eine Mauer bis zur Höhe des gegenüber liegenden Berges aufgeführt. Auf der Krone dieses ganzen Bauwerkes wurde die Eisenbahn angelegt. Zu der Gründung jedes einzelnen Pfeilers für diese riesenmäßige Brücke wurde ein Rost von 200 Pfählen von 6—9 Meter Länge erfordert. Endlich mußte dicht vor Liverpool noch ein ganz gehöriger Tunnel durch einen Felsrücken gesprengt werden.

Wird die Eisenbahnlinie durch Hügel oder Höhen unterbrochen, welche nicht allzu hoch sind, so durchschneidet man dieselben mit der Bahn. Solche Einschnitte sind oft sehr tief und erfordern viele Arbeit. Einer der tiefsten ist auf der Leipzig-Dresdener Eisenbahn, wo eine Bodenerhebung von mehr als 32 Meter Höhe auf wol eine halbe Wegstunde Länge durchschnitten worden ist. Die Arbeit wird dann um so schwieriger und kostspieliger, wenn kein Felsgrund vorhanden ist, weil man dem Einschnitte nach beiden Seiten hin eine bedeutende Abdachung geben, also viel mehr Erde abgraben muß, als eigentlich die Bahn erfordert. Wird jedoch die Bahnlinie durch Felsen oder Berge unterbrochen, wo ein Einschnitt nicht ausführbar ist, so muß man, wenn eine Verlegung der Bahnlinie unthunlich wird, den Felsen oder Berg durchbrechen, d. h. einen unterirdischen Weg, Tunnel, anlegen. Diese Anlagen werden auf bergmännische Weise betrieben, indem man einen Stollen durch den Berg treibt und ihn entweder im natürlichen Gestein stehen läßt, sofern dies haltbar ist, oder durch eine Grubenmauerung stützt. In diesem Stollen oder Tunnel wird dann die Eisenbahn fortgeführt; wenn aber derselbe sehr lang ist, so muß man ihm durch senkrecht abgeteufte Schächte von oben her Luft zuführen. In Deutschland haben wir auf der

Leipzig-Dresdner Eisenbahn den Tunnel von Oberau, welcher 505 Meter lang ist, auf der Prag-Dresdner Bahn, gegenüber dem prächtig an derselben gelegenen Schlosse Tetschen, den Tunnel durch die Schäferwand, welcher nicht wie der Oberauer Tunnel auf der Leipzig-Dresdner Bahn überwölbt, sondern durch das natürliche Gestein gearbeitet ist. Die zackigen Wände bringen bei Fackelschein eine fast schauerliche Wirkung hervor. Die Rheinische Bahn bei Aachen hat fünf Tunnel. Eine traurige Berühmtheit hat der Hauenstein-Tunnel bei Läufelfingen in der Schweiz erhalten. Infolge Brandes und eines dadurch herbeigeführten Schachteinsturzes im Innern des größtentheils fertigen Tunnels erstickten am 28. Mai 1857 52 Arbeiter, während 11 andere bei den Rettungsversuchen das Leben verloren, mehr als 500 aber betäubt wurden. Der Tunnel ist 2594 Meter lang, 13 Meter hoch, 10 Meter breit und läuft an seiner tiefsten Stelle 250 Meter unter der Erde.

Wenn endlich die oben erwähnten Aushülfen alle nicht anwendbar sind, so muß man zu den stehenden Dampfmaschinen und schiefen Ebenen, wie eine solche auf der Düsseldorf-Elberfelder Bahn besteht, seine Zuflucht nehmen. Dabei bringt man auf der Höhe des Berges eine große Dampfmaschine an, welche ein Zugseil zieht. Kommt nun der Zug am Fuße des Berges an, so wird das Göpeltau an die Lokomotive befestigt und diese mit dem daran hängenden Zuge von der oben stehenden Dampfmaschine die schiefe Ebene hinaufgezogen. Eben so muß dann auch der thalwärts gehende Zug am Tau wie ein Kind am Gängelbande wieder hinab gelassen werden, wenn ein sicheres Hinabgehen sich nicht durch bloßes Bremsen erreichen läßt.

Box' Tunnel auf der London-Birminghamer Bahn in England.

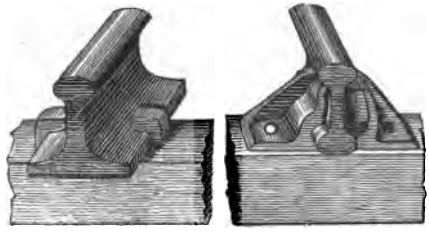
Neuerdings hat man auch hier und da Einrichtungen, welche den Eisenbahnzügen gestatten zu Wasser zu gehen, d. h. man nimmt sie, wenn die Bahn durch einen See oder breiten Strom unterbrochen wird, im Ganzen oder in einige Theile getrennt, in besonders dazu eingerichtete Dampffähren auf, setzt sie über und läßt sie jenseits weiter gehen. Die größte und interessanteste Anstalt dieser Art befindet sich auf dem Bodensee und verknüpft die Bahnen, die in Lindau und Rorschach ausmünden.

Einen wichtigen und kostspieligen Bestandtheil der Eisenbahn bilden die Schienen. Sie werden größtentheils noch aus Schmiedeeisen auf Walzwerken

hergestellt, doch beginnt jetzt allmählich der viel dauerhaftere Stahl sich an die Stelle des Eisens zu setzen, so daß wir voraussichtlich in Zukunft gar keine Eisenbahnen mehr, sondern Stahlbahnen haben werden. Schon lange hat man an Stellen, die sehr stark befahren werden, verstählte Schienen, d. h. es ist ihnen beim Walzen eine Stahlplatte oben aufgelegt, und neuerdings werden auch ganz stählerne, aus Bessemerstahl, fabrizirt.

Als Bettung der Schienen dienen allgemein hölzerne Querschwellen, und kein anderes System hat sich noch dagegen geltend machen können, auch nicht die so viel empfohlene Stein- und Eisenbettung. Was Form und Befestigungsart der Schienen anlangt, so giebt es darin eine nicht geringe Mannichfaltigkeit vom Schlichten bis zum sehr Komplizirten; wir wollen nur ein paar Proben hier abbilden lassen mit dem Bemerken, daß oben und unten gewulstete Schienen darauf berechnet sind, gewendet zu werden, nachdem sie auf einer Seite unbrauchbar geworden.

Während wir im Freien an der Eisenbahn gewöhnlich zwei Schienenwege finden (eingleisige Bahnen sind nur Nebenbahnen), bemerken wir auf größern Bahnhöfen und in deren Nähe ein ganzes Labyrinth von durch einander laufenden Gleisen, um den Zügen und mehr noch den Lokomotiven jede nöthige Richtung geben zu können. Auf Hauptstationen findet sich diese Vervielfachung selbst auf größern Strecken nach außen, denn da giebt es beständig ganze Güterzüge zu zerlegen und andere zusammen zu ordnen, die man also ausfahren, nach der verschiedenen Bestimmung der einzelnen Theile absondern und die Trennstücke auf andern Strängen zurück gehen lassen muß.

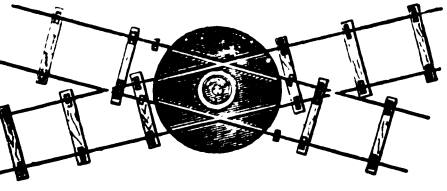


Schienenformen.

Zwei Schienenwege können sich sowol im rechten als unter ziemlich spitzen Winkeln kreuzen; soll aber ein Uebergang von dem einen auf den andern stattfinden können, so sind dazu besondere Vorrichtungen nöthig, nämlich entweder Weichen oder Drehscheiben. Die Weichen verbinden ein Gleis mit andern Schienen, die in sehr spitzem Winkel von demselben aus- oder auf dasselbe zulaufen. Die beiden Schienen des einen Stranges ragen ein Stück zwischen die andern hinein und sind so weit frei, daß sie sich vermöge ihrer Biegsamkeit durch einen Zughebel verschieben und also beliebig an ein oder das andere Schienenpaar anlegen lassen und so den Zug auf den Weg leiten, den er gehen soll. Die hier angestellten Leute heißen bekanntlich Weichensteller; sie stehen im Range tief, sind aber von wichtiger Bedeutung, denn ein Versehen ihrerseits kann großes Unglück herbei führen.

Die Drehscheiben gestatten noch mehr Freiheit des Wechsels. Es sind größere oder kleinere starke Plattformen, die sich in ihrer Lagerung drehen lassen, da sie entweder auf niedern Rädern oder gegossenen Kugeln ruhen, die in einer

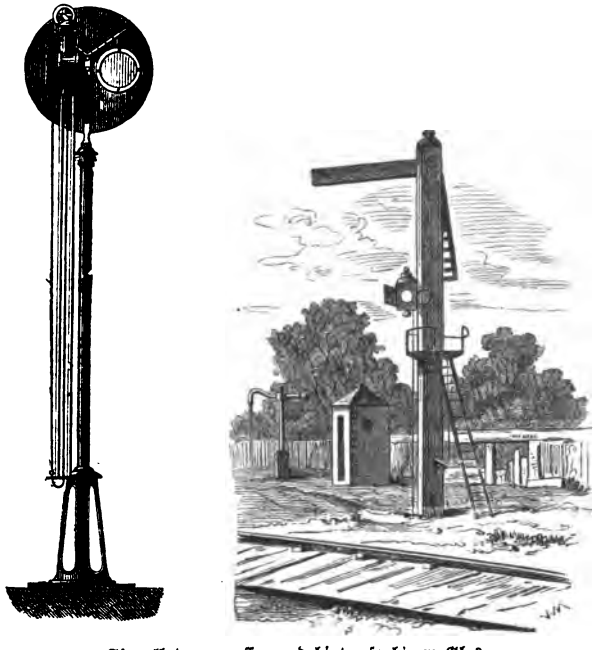
Rinne laufen. Solche Scheiben dienen zum Wenden der Lokomotiven oder einzelner Wagen; die auf ihnen befestigten Schienenstücke bilden die Ergänzung der äußern Wege, und es ist leicht begreiflich, daß ein darauf gefahrener Wagen durch richtige Drehung auf alle hier zusammen stoßenden Wege übergesetzt werden, bei halber Kreisdrehung auch umgewendet auf dem Wege zurück gehen kann, auf dem er gekommen.



Drehscheibe.

Der Betrieb der Eisenbahnen ist bekanntlich ein sehr verantwortlicher für alle dabei Betheiligten und erfordert die angestrengteste Aufmerksamkeit bei Tage und noch mehr bei Nacht.

Der Mann, von dessen angestrengtester Achtsamkeit das Meiste abhängt, ist der Lokomotivführer. Zur Sicherheit des Betriebes hat man eine große Zahl von Einrichtungen, durch die man sich benachrichtigt, warnt, Nothzeichen giebt, Halt zuruft ꝛc., und die entweder an das Gesicht oder Gehör gerichtet sind. Die Elektrizität dient bei den Betriebstelegraphen und außerdem zum Ingangsetzen der elektrischen Glocken, welche sehr viele Bahnen begleiten. Der Lokomotivführer hat seine Dampfpfeife, mit der er Achtung, Bremsen ꝛc. kommandirt. Die Signale lassen sich eintheilen in durchgehende und Lokalsignale, anderseits in Tag- und Nachtsignale. Zu den ersten gebraucht man Telegraphen der verschiedensten Gestalt, mit Armen oder Flügeln, Scheiben, allerlei Figuren, Fahnen in verschiedenen Farben ꝛc. Bei Nacht werden entweder dieselben Gegenstände erleuchtet, oder es treten an die Stelle Lichter; weiß, grün, roth, blau, feststehende oder bewegliche.



Signallaternen, offen und hinter farbigem Glas.

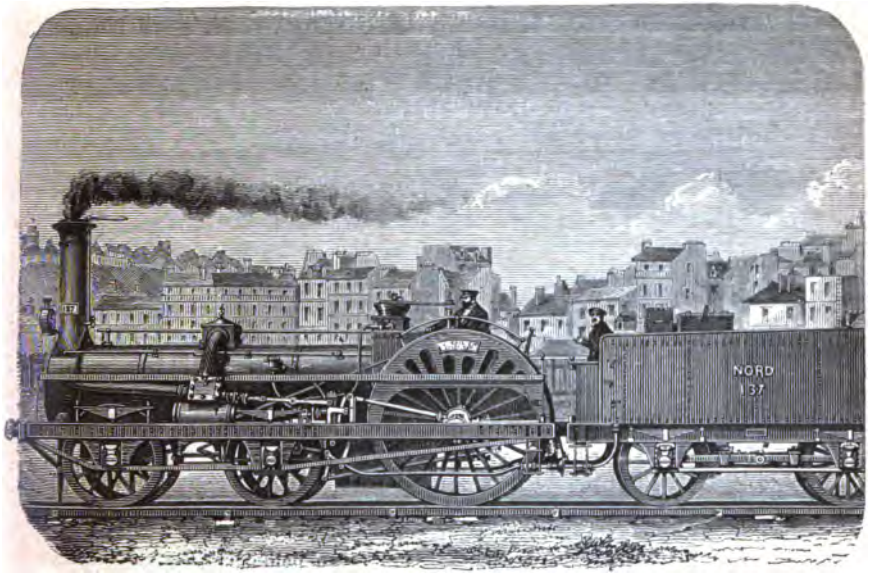
Wer auf verschiedenen Bahnen gefahren ist, wird schon bemerkt haben, wie viele Verschiedenheiten im deutschen Signalwesen obwalten; aber nicht Jeder wird wissen, daß dieser Gegenstand ein nicht dünnes Buch (von Freiherrn von Weber) füllt, aus dem wir ersehen, daß auf den ca. 700 deutschen Eisenbahnen fast hundert Signalbücher, alle grundverschieden, zur Zeit noch in Geltung sind, also in diesem Fache die deutsche Einheit noch kommen soll.

Der Dampfwagen (Lokomotive).

Das Dampfroß ist im Grunde weiter nichts als eine auf Räder gesetzte, sehr kräftig wirkende und auf den engsten Raum zusammen gedrängte Hochdruckdampfmaschine, in welcher alle bewegenden Theile so geordnet sind, daß sie dem Punkte, wo sie wirken sollen, möglichst nahe liegen, und die ihren Dampferzeuger gleich mit sich führt. Eine solche Lokomotive besteht zunächst aus dem Untergestell und dem Wagen, der einen sehr starken Rahmen bildet, auf und an welchem sich alle Maschinentheile befinden. Dieser Wagen hat, je nach der Größe der Lokomotive, entweder vier oder sechs Räder, von denen das eine Paar die eigentlichen Triebräder sind, während die andern nur Laufräder, zur Unterstützung der Last bilden, sofern sie nicht in schon erwähnter Weise mit den Triebrädern gekoppelt und dadurch ebenfalls zu aktiven Triebrädern gemacht sind. Die Triebräder sind darum größer, weil von ihrem Durchmesser die Schnelligkeit der Bewegung zum Theil abhängt. Die Maschine ist nämlich so eingerichtet, daß auf ein vollständiges Kolbenspiel (Hin- und Hergang) derselben allemal ein Umlauf der Räder kommt. Hat nun ein solches Rad 4 Meter im Umfange, so wird diese Lokomotive bei einem Kolbenspiele 4 Meter fortschreiten; beträgt aber der Umfang 6 Meter, so wird auch die Fortschreitung 6 Meter betragen, mithin, bei gleich raschem Kolbengange, die Bewegung der letztern Lokomotive um ein Drittel schneller sein als die der erstern. Die Treibräder sind vollkommen cylindrisch, während die Laufräder am Rande etwas abgeschrägt sind und an der nach der Maschine zugekehrten Seite einen vorspringenden Rand haben, wodurch das Abweichen von den Schienen vermieden wird. Alle Räder sind an den Achsen fest, die Achsen aber bewegen sich in besondern Lagern. Außerdem ist das Gestell durch Verbindungen, Bolzen und Beschläge von Eisenblech unverrückbar fest gemacht.

Auf diesem Gestelle hängt in Federn der Kesselbehälter oder der eigentliche Körper der Maschine. Derselbe besteht, wie die Figur S. 55 zeigt, aus drei vollkommen fest mit einander verbundenen Theilen, dem Feuerraum A, dem Kessel B und dem Rauchkasten D mit dem Schornsteine. Alle bewegenden Theile der Maschine liegen theils unter, theils neben dem Maschinenkörper und dem Rahmen. Den Feuerraum bildet ein viereckiger Kasten A mit doppelten Wänden, deren Zwischenraum mit Sand oder Asche (schlechten Wärmeleitern) ausgefüllt

ist und der unten einen Rost, vorn aber die nöthigen, mit Thüren verschlossenen Zug- und Schürlöcher hat. Unterhalb des Rostes befindet sich der Aschenkasten, der nach der vordern Seite offen ist, um während der Bewegung der Lokomotive die Luft aufzufangen und in einem starken Zuge durch das Feuer zu leiten. Das Feuer selbst befindet sich also, wie man auf den ersten Blick sehen kann, bei der Lokomotive nicht unter dem Kessel, sondern hinter demselben und wird auf eine besondere Art durch den Kessel und das darin befindliche Wasser geleitet.



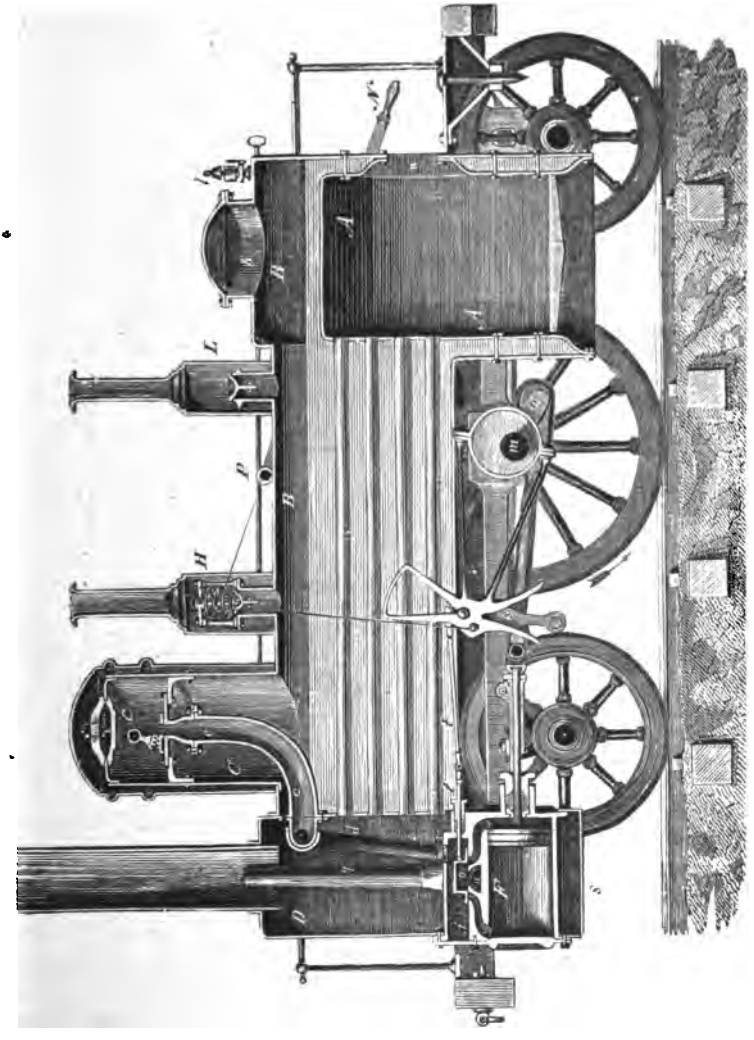
Sechsrädrige Lokomotive für Schnellzüge sammt Tender.

Der Kessel B selbst nämlich bildet einen hohlen Cylinder von Eisenblech, der die ganze Länge zwischen dem Feuerungsraume und dem Rauchkasten ausfüllt und oben mit einem Mantel von Holz umgeben ist. Die beiden Eisenplatten, welche den Kessel vorn und hinten verschließen, sind aber dergestalt durchbohrt, daß die 3—5 Centmtr. im Durchmesser haltenden Löcher einander genau gegenüber stehen, und allemal ist zwischen zwei solchen Löchern eine wenig umfangreiche, aber starkwandige Messing- oder Kupferröhre durch die ganze Länge des Kessels gezogen und in den Löchern dampfdicht festgenietet. Da nun in jeder Endplatte sich 60—120 oder mehr solcher Löcher befinden, so durchziehen auch 60—120 ꝛc. der eben erwähnten messingenen Röhren den mit Wasser gefüllten Kessel, und da diese Röhren an beiden Seiten offen sind, so kann das Feuer und die Hitze das Wasser durchströmen und zum Kochen und Verdampfen bringen. Man sieht sogleich, daß durch diese Einrichtung die Heizfläche des Kessels, d. h. diejenigen Theile, wo sich außen Feuer und innen Wasser befindet, eine bedeutend größere

Ausdehnung erhält und daß dadurch die Dampferzeugung um so viel rascher von statten gehen muß. Haben das Feuer und der Rauch aus dem verbrannten Heizmaterial den Weg durch den Kessel gemacht, so gelangen dieselben in die Rauchkammer, von wo aus der Rauch durch den Schornstein von Eisenblech ins Freie geleitet wird. Da öfter auch noch Funken und glühende Asche oder Kohlentheile mit fortgerissen werden, ist oben auf die Mündung des Schornsteins ein Drahtnetz, der Funkenfänger, aufgesetzt, welcher diesen Funken den Ausgang wehrt. Die eben beschriebenen Kessel nennt man Röhrenkessel und sie haben neben dem schon bemerkten noch den weitern Vortheil, daß sie, wenn gut gemacht, nicht springen, sondern daß höchstens eine innere Röhre platzt, worauf sich das Wasser in dieselbe ergießt und das Feuer auslöscht; die Lokomotive kann dann in wenigen Stunden durch Einziehen einer neuen Röhre wieder in Stand gesetzt werden. Um in das Innere des Kessels gelangen zu können, befindet sich oben das sogenannte Fahrloch b, welches für gewöhnlich dampfdicht geschlossen ist und nur beim Reinigen des Kessels geöffnet wird. Damit indessen die Kraft der Dämpfe im Kessel nie zu groß werden und denselben etwa sprengen könne, befindet sich auf der obern Seite des Kessels, dicht am Fahrloche, ein Sicherheitsventil L, welches so beschaffen ist, daß, wenn die Kraft der Dämpfe einen gewissen Grad erreicht hat, dieselben das Ventil öffnen und durch dasselbe in die Luft entweichen können. Dies Ventil ist von außen durchaus unzugängig, ein zweites Ventil H steht unter mittlerer Belastung, kann aber durch den Maschinenwärter geöffnet und geschlossen oder durch einen mittels eines Hebels zu bewirkenden Druck mehr (nie aber stärker als das Ventil L) belastet werden, je nachdem es die Umstände erfordern, um entweder den überflüssigen Dampf entweichen zu lassen oder dem Dampfe für schnelleres oder ansteigendes Fahren eine möglichst hohe Spannung zu geben, wodurch er kräftiger wirkend wird.

Die aus dem siedenden, die Röhren umgebenden Wasser sich bildenden Dämpfe sammeln sich in dem Raume B und gehen von dort in den Dampfdom C, welcher, um die Abkühlung zu verhindern, mit einer doppelten Wand, deren Zwischenraum mit Sand oder Asche gefüllt wird, umgeben ist. Der Raum bildet gleichsam eine Vorrathskammer für den erzeugten Dampf, und es hat auch seinen guten Grund, daß dieselbe so in der Höhe angelegt ist und der Dampf nicht auf kürzerm Wege in die Cylinder geleitet wird. Es würde dann zu viel Wasser mit übergerissen werden, indeß der nach oben steigende Dampf sich schon mehr entwässert. In dem Dampfdom befindet sich das Ventil, welches die Röhre c verschließt und mittels eines langen Hebels von dem Stande des Maschinisten aus geöffnet und geschlossen werden kann. Ist dasselbe offen, so strömt der Dampf C in das Rohr c, welches sich dann in zwei Arme d theilt, die den Dampf in den Kasten i zu den Steuerungsventilen führen, von wo er zu den Treibcylindern kommt, dann, nachdem er ausgenutzt ist, in das Blaserohr q geleitet, und, um den Zug zu vermehren, durch den Schornstein ausgeblasen wird. Die aus dem Schornsteine tretenden Wolken sind demnach größtentheils Wasserdampf, nicht Rauch, denn die Koaks, die fast durchgängig auf Eisenbahnen gebrannt werden, rauchen bekanntlich fast gar nicht. Bei jedem Umgange der

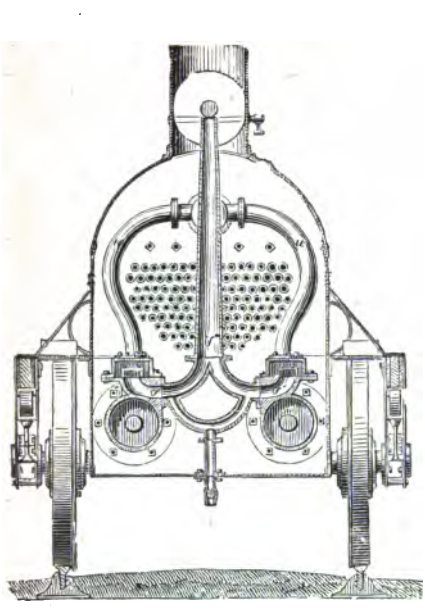
Treibräder wird viermal Dampf aus den beiden Cylindern gestoßen. Beim Anfange der Fahrt kann man diese einzelnen Puffe noch deutlich unterscheiden, bis sie bei größerer Geschwindigkeit in ein fortgesetztes Geräusch verschwimmen.



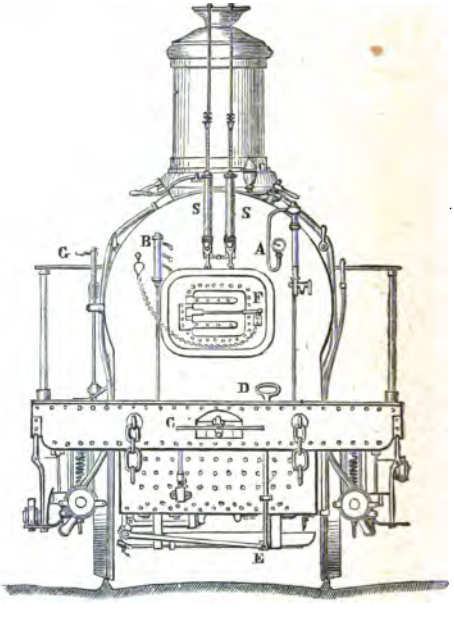
Durchschnitt einer Lokomotive.

Bei neuern Maschinen steht der Dampfdom an der Stelle von b und b an jener Stelle, wodurch man erreicht, daß der lange Hebel vermieden wird, der leicht eine Unsicherheit in der Regulirung des Dampfzuflusses herbeiführen könnte.

Der überflüssige Dampf kann nun durch Oeffnung verschiedener Ventile, entweder bei H oder aus dem Blaserohre q oder aus den Treibcylindern ausgelassen werden. Gewöhnlich leitet man ihn durch ein Rohr nach dem Tender, d. h. dem hinter der Lokomotive hergehenden Vorrathswagen für Wasser und Kohlen. Hier läßt man ihn in den Wasserkasten fahren, wo er ein eigenthümliches schnarrendes und polterndes Geräusch erzeugt, sich aber bald zur Ruhe begiebt und zu Wasser wird. Der Wasservorrath wird dadurch mehr oder weniger erwärmt, also nicht völlig kalt in den Dampfkessel gepumpt, und die auf den überflüssigen Dampf verwendete Wärme findet somit immer noch ihre Anwendung.



Vorderseite einer Lokomotive.



Hinterseite einer Lokomotive.

Die wirkenden Theile an der Lokomotive sind die nämlichen wie an jeder Hochdruckmaschine und ist darüber alles Nöthige schon beigebracht. Aber hier hat der Dampfkessel zwei Cylinder zu speisen, weil es um des egalen Ganges willen nöthig ist, daß das Treibradsystem von zwei Kurbeln gedreht werde. Eine Kurbel hat auf ihrem Gange zwei sog. todte Punkte, wo sie gar keine Bewegung überträgt, und deshalb eben ist bei stehenden Maschinen das Schwungrad da. Zwei Kurbeln aber können einander über die todten Punkte hinweghelfen, wenn sie unter einem rechten Winkel zu einander gestellt sind. Die todten Punkte sind die Augenblicke, wo Kolben- und Lenkstange in einer geraden Linie liegen; in denselben Momenten befindet sich aber der Kurbelzapfen des andern

Rades gerade zu unterst oder zu oberst im Kreise, wo die Kraftübertragung am stärksten ist. An den ältern Lokomotiven lagen die Dampfcylinder unter dem Kessel, und die Treibstangen griffen die Achse der Treibräder in ihrer Mitte an. Die Welle war eine sog. doppelt gekröpfte, und die so hergestellten, in der Welle selbst liegenden Kurbeln waren auch um einen rechten Winkel oder Viertelkreis gegen einander gestellt. Neuerdings hat man diese Anordnung ganz verlassen und die Cylinder an beide Seiten verlegt, so daß die Treibstangen die Räder direkt angreifen können. Somit bleibt die Welle ungebrochen und solid, während die Kröpfung sie doch immer schwächte und ein solches Stück auch sehr schwer gut zu schmieden war. Man hat auch jetzt diese Theile besser vor Augen und kann Beschädigungen leichter sehen und ausbessern.

Der Lokomotivführer kann seine Maschine beliebig schneller oder langsamer, vor- oder rückwärts gehen lassen. Der Grad der Geschwindigkeit hängt von der Menge Dampf ab, die in den Cylinder eingelassen wird, und diese Menge läßt sich bestimmen durch engere oder weitere Oeffnung des Ventils oder der Klappe im Dampfdom. Das Eintrittsrohr für den Dampf ist hier nämlich durch eine runde Platte geschlossen, welche mit keilförmigen Ausschnitten durchbrochen ist. An dieser steht dicht anliegend eine zweite ganz ähnlich geformte Scheibe, die um einen Mittelstift drehbar ist und durch eine Stange vom Stande des Führers aus regiert werden kann. Wenn die Ausschnitte beider Platten sich völlig decken, so hat der Dampf den freiesten Eintritt; beim Fortdrehen verengern sich die Oeffnungen mehr und mehr und schließen sich endlich ganz. Dann hört die Maschine zu arbeiten auf, aber der Zug geht noch ein gutes Stück weiter vermöge der einmal erlangten Geschwindigkeit. — Soll rückwärts gefahren werden, so steuert der Führer die Maschine um, d. h. er rückt an einer Stange, welche vermöge eines Systems von Hebeln einen veränderten Gang der Dampfschieber bewirkt, so daß der Kolben von der Mitte seines Weges aus wieder umkehrt. Auch läßt sich durch dieselbe Stange bewirken, daß die Schieber ganz still stehen und also auch die Maschine. Es trägt nämlich die Triebwelle für jeden Cylinder zwei Watt'sche Excentrics, die einander entgegengesetzt stehen, so daß also die beiden Stangen, die sie nach hinten senden, einen Wechselgang machen. Durch ein Hebelwerk, auf welches die Steuerstange wirkt, kann nun beliebig und augenblicklich die eine oder die andere dieser Stangen mit dem eigentlichen Schieberstiel in Eingriff gebracht und so Vor- und Rückgang erzeugt werden. Bei einer mittlern Stellung findet gar kein Eingriff, folglich Stillstand statt.

Außer diesen Hauptbewegungstheilen finden sich noch Vorrichtungen an der Lokomotive, um den Kessel mit Wasser zu versorgen, wenn derselbe zu leer ist, was man an besondern Dampf- und Wasserstandszeigern sieht. Auch eine Signalpfeife l, welche durch den Dampf angeblasen wird, befindet sich an der Lokomotive.

Das Wasser zur Speisung des Dampfkessels und das Brennmaterial zur Heizung desselben wird auf einem besondern, mit der Lokomotive verbundenen Wagen, dem Tender, mitgeführt. Derselbe bildet einen hohlen Blechkasten, der mit Wasser gefüllt ist und von welchem aus unterhalb Röhren zu den Pumpen

führen, die das Wasser nach Bedarf in den Kessel treiben, sobald sie von dem Lokomotivführer eingerückt werden, wo dann die Bewegung der Kolben dieser Pumpen von der Mittelachse aus bewirkt wird.

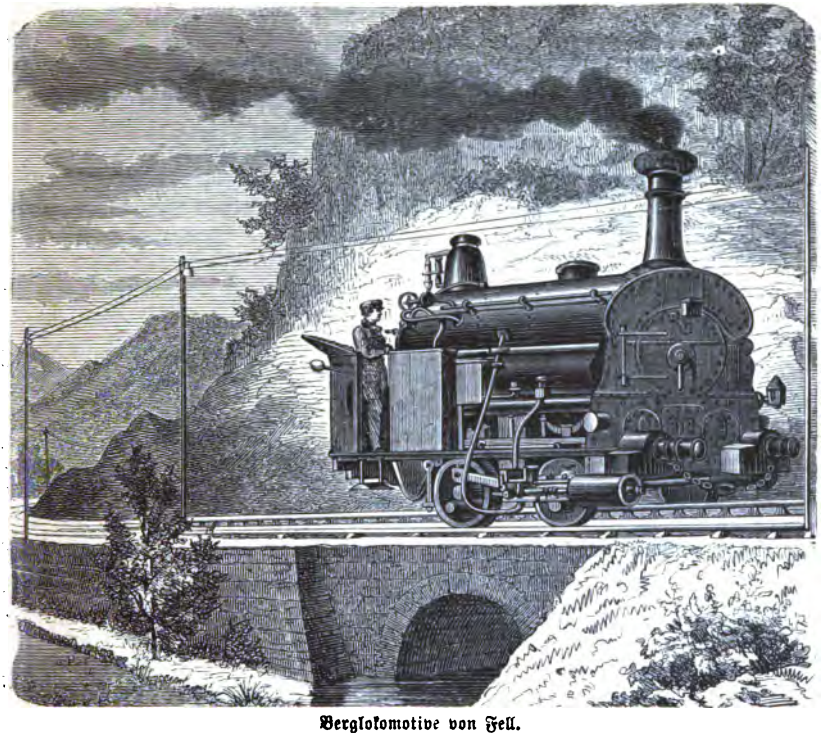
Unmittelbar hinter dem Tender folgen nun, wenn ein Dampfzug abgehen soll, ein oder mehrere Güterwagen, dann die Personenwagen und endlich wieder Güterwagen. Alle einzelnen Wagen sind durch Ketten fest, aber mit geringem Spielraume, mit einander verbunden, und damit beim Anhalten, wo die Wagen an einander stoßen, diese Stöße nicht zu heftig werden, befinden sich an den Enden der Wagen Polster (die Puffer), welche auf starke Federn oder eingeschlossene Luft wirken und so den Stoß auffangen und mildern müssen.

Starke Krümmungen der Bahn sind begreiflich eben so wie starke Steigungen unerwünscht, da die Gefahr, herausgeschleudert zu werden, um so größer, je kleiner der Halbmesser der Krümmung ist. Doch hat man auch hierin in neuester Zeit Vieles ermöglicht, was früher unthunlich schien. Man hilft sich hierbei theils durch Höherlegen des äußern Schienenstranges, theils durch verschiedene Vorrichtungen an den Achsen der Lokomotive, wodurch diese leichter aus einer Richtung in die andere über zu gehen vermögen. Während man vor vierzig Jahren noch jede Krümmung zu vermeiden suchte, legt man dieselben jetzt sogar in Brücken, wenn es nicht anders geht.

In der Kindheit des Eisenbahnbaues fand man Steigungen von mehr als 1 auf 200 nicht zulässig, und nur allmählich entschloß man sich zu dem Verhältniß von 1 auf 100, wogegen wir jetzt im Württembergischen und auf der Semmeringbahn Strecken besitzen, auf denen eine Steigung von 1 auf 40 überwunden wird.

Wie man sieht, hat also auch das Eisenbahnwesen seine Lehrzeit gehabt, und es sind viele Millionen Lehrgeld bezahlt worden, die alle erspart werden konnten, wenn man das Werk gleich Anfangs mit unsern jetzigen Erfahrungen ausgerüstet hätte angreifen können. Doch es giebt keinen Mann, der nicht erst ein Kind gewesen wäre!

Bis gegen 1840 blieb Deutschland mit den benöthigten Lokomotiven von England abhängig, lernte dann aber bald selbst für seinen Bedarf sorgen und liefert jetzt sogar zahlreiche solche Werke bis in das fernste Ausland, da überall die deutsche Arbeit im besten Rufe steht. Die großartigste Werkstatt dafür ist die von Borsig in Berlin, der schon vor einigen Jahren das zweite Tausend gelieferter Dampfwagen erfüllt hatte. Andere Anstalten, wie z. B. Hartmann in Chemnitz, stehen jener wol an Umfang, aber nicht in der Güte ihrer Leistungen nach.



Berglokomotive von Fell.

Die Mont-Cenis-, die Brenner- und die Pacific-Eisenbahn.

Betrachten wir nun noch einige hierher gehörige Erscheinungen der Neuzeit, die sich durch Großartigkeit oder Kühnheit des Unternehmens auszeichnen. Der Mont Cenis, die Alpenscheidewand zwischen Frankreich und Italien, bietet gleich zwei solche Merkwürdigkeiten: den Riesentunnel unter dem Gebirge hin und die eigenthümliche Kletterbahn über dasselbe hinweg.

Ueber den erstern gab die Berliner Volkszeitung bei Gelegenheit der vollendeten Durchbohrung die folgende Schilderung:

„Der Tunnel durch den Mont-Cenis ist vollendet. Eine Felsenwand von fast zwei deutschen Meilen Dicke ist durchbohrt! Ein Sieg ist errungen, der zum Segen der Menschheit werden wird; denn das Gelingen dieses riesigen Unternehmens wird zu weitern Werken der Civilisation anspornen und einst heller in der Geschichte der Menschheit und ihres freien Schaffens glänzen als die Kämpfe, welche Blut und Leichen, Brandstätten und Elend hinterlassen!

Wirksamkeit wollen wir unsern Lesern vorführen, insoweit sie einen ungeheuern Fortschritt in der Geschichte unsers großartigen Maschinenwesens bekunden.

Der Gedanke, eine Strecke von fast zwei deutschen Meilen durch die Felsmassen zu bohren, stand nun vor der grandioseren Aufgabe, von beiden Seiten des beabsichtigten Tunnels ein Maschinenwerk herzustellen, dessen Kraft fortgeleitet werden kann, damit sie auch wirke, wenn die Arbeitsstätte fortschreitend sich immer mehr und mehr in die Felswand hinein entfernt. Das Maschinenwerk an den Endpunkten mußte eine Triebkraft erhalten, die auch wirkt, wenn die Böhrung sich dem Mittelpunkte des Tunnels nähert, mit andern Worten: es galt, eine Triebkraft zu schaffen, die eine Bohrmaschine in Thätigkeit setzt, welche fortarbeiten soll, auch wenn sie fast eine deutsche Meile entfernt von der Triebkraft mitten im Felsgebirge steckt.

Den Wasserdampf in Röhren so weit zu leiten, ist unmöglich, weil er in größerer Entfernung vom Kessel sich abkühlt und wieder in Wasser verwandelt wird. Eine Dampfmaschine mit hinein in die Tiefe des Tunnels wandern zu lassen, war unthunlich, weil Rauch und Dampf innerhalb des von der freien Luft so fernen Raumes die Arbeiter ersticken und ersäufen hieße. Durch Räderwerk, Rinnen und Kettenglieder auf so große Ferne hinwirken wollen, ist ein abenteuerlicher Gedanke, den nur Unkundige fassen, die keinen Begriff von den Hindernissen der Reibung haben, welche jede Uebertragung von Kraftwirkungen in die Ferne verursacht. Wasser in einen Kanal bis zu so weiter Entfernung zu leiten, um dort die Bohrmaschinen damit zu treiben, ließ sich eher denken, wenn man nur die erforderliche große Wassermasse von außerordentlicher Höhe in solchen Tunnel hinein und wieder hinaus zu schaffen wüßte, ohne ungeheuern Kraft-, Zeit- und Kostenaufwand. Man mußte zu einer andern Kraftquelle seine Zuflucht nehmen, zu der Kraft zusammengepreßter (komprimirter) Luft, die man ohne großen Verlust in Röhren fortleiten und auf sehr entfernten Punkten wirken lassen kann.

Solche Werke herzustellen, welche am Eingange beider Seiten des Tunnels die Luft in Röhren komprimiren und durch die zusammengepreßte Luft in beliebig weiter Ferne auf die in den Felsen immer weiter vorrückende Bohrmaschine wirken, das war die Hauptaufgabe, aber keineswegs der schwierigste Theil derselben. Die Bohrmaschine mußte lange Stahlbolzen in den Fels eintreiben, diese bei jedem Schlage in Drehung versetzen und einen Wasserstrahl zur Abkühlung der Spitze des Bohrers einspritzen; die Maschine mußte in den gesprengten Tunnel immer weiter mitwandern, sie mußte sicher und schnell arbeiten, damit man dann in die gebohrten Löcher Pulver bringen konnte, das angezündet die Sprengung der Felsmassen verursachte, — solch eine Maschine zu konstruiren und bis zur erwünschten Vollkommenheit zu bringen, das ist das Werk, welches am Mont-Cenis Tunnel gelungen ist und dem man es zu verdanken hat, daß unsere Zeit Arbeiten vollendet, die sonst wie abenteuerliche Märchen geklungen haben. Selbstverständlich werden während der Sprengung durch Pulver die Bohrmaschine wie alle an ihr beschäftigten Arbeiter entfernt. Nun aber verrichtet die komprimirte Luft eine wichtige Nebenarbeit, indem sie den Pulverdampf

vertreibt, den Tunnelraum reinigt und mit frischer Luft versorgt, damit die Thätigkeit der Bohrmaschine und ihrer sie leitenden Arbeiter aufs Neue beginnen kann.

Solche Maschinen arbeiteten immer acht bis zehn zugleich neben einander auf dem mächtigen Transportwagen. Die zur Arbeit verwendete Luft wurde in großartigen eisernen Behältern auf etwa 6 Atmosphären Druck zusammengepreßt und so durch Eisenrohre nach der Arbeitsstelle geleitet. Die Kompression geschah auf französischer Seite durch Kolbenmaschinen, also Pumpen, die von sechs Wasserrädern getrieben wurden; auf der andern Seite hatte man es bequemer: man sammelte die herabströmenden Bergwässer, ließ sie in senkrechten Röhren niedersinken und in eben solchen wieder aufsteigen. Das aufsteigende Wasser drängte die in der Röhre vorhandene Luft zusammen und schob sie durch ein Ventil in den allgemeinen Behälter. Dann öffnete sich ein zuunterst befindlicher Hahn und entließ das Wasser. So wie der obere Wasserspiegel sank, drückte die äußere Luft ein dort befindliches nach innen schlagendes Ventil auf und nahm die Stelle des Wassers ein. — Die Arbeiten dieses 12,200 Meter langen Tunnels wurden Anfangs nur langsam gefördert und schritten erst mit Vervollkommnung der Bohrmaschine in höherm Grade vorwärts. Interessant ist es zu sehen, wie trotz der zunehmenden Tiefe und Schwierigkeit der Arbeiten dennoch dieser Fortschritt jedes Jahr zugenommen hat. Seit Einführung der Maschinenbohrung, bis wohin bereits 1553 Meter gebohrt waren, sind die Ergebnisse wie folgt gewesen: 1862 643 Meter, 1863 802 Meter, 1864 1087 Meter, 1865 1223 Meter, 1866 1024 Meter, 1867 1512 Meter.

Die Fortschritte auf der Nordseite waren gegen diejenigen auf der Südseite um ein volles Jahr zurück, was durch den Widerstand, den eine Quarzschicht verursachte, und aus dem spätern Beginne der mechanischen Bohrung erklärbar ist. Gleichwol war der jährliche Fortschritt schon auf 1512 Meter gestiegen, und da seit 1868 nur 4151 Meter zu bohren blieben, so war die Vollendung dieses Riesenwerkes schon auf Ende 1870 voraus zu sehen, zu welchem Zeitpunkte dasselbe denn auch pünktlich vollendet worden ist, während freilich die Befahrung der Bahn erst nach Vollendung großartiger Brücken- und anderer Bauten thunlich werden wird."

Als die Durchtunnelung des Mont-Cenis in Angriff genommen war, fand sich eine englische Gesellschaft zu dem Unternehmen, für die Zwischenzeit bis zur Fertigstellung der unterirdischen Bahn eine solche über das Gebirge hinweg zu legen. Bis dahin hatte man zur Ausfüllung der Lücke zwischen den Endpunkten der französischen und italienischen Bahnen nur die vom ersten Napoleon angelegte Alpenstraße, auf welcher die Fahrt in Postwagen 10—12 Stunden dauert. Eine gewöhnliche Eisenbahn war hier nicht möglich, sonst hätte man ja die Durchbohrung nicht nöthig gehabt; aber mit einer besondern Einrichtung ist es doch gelungen, leichte Lokomotiven mit einigen Personenwagen auf den steilen gewundenen Bergpfaden zu spediren. Auch die englisch-ostindische Post benutzte die Gelegenheit. Die schnelle und wohlfeile Herstellung dieser Eisenstraße war dadurch ermöglicht, daß die Schienen auf der Außenseite der Poststraße gelegt werden durften, die also hiermit einen Raum von 3—4 Meter an Breite verlor

Eisenbahnstraße über den Mont-Cenis.

Die von dem Engländer Fell konstruirte Lokomotive aber (s. das Bild zu Anfang dieses Abschnitts) erhält ihre besondere Steigkraft dadurch, daß sie inmitten der zwei gewöhnlichen Schienen auf allen schiefen Ebenen noch eine dritte höhere hat, die ihr gleichsam als Kletterstange dient. Gegen die Seiten dieser Hochschiene drücken zwei Paar Scheiben, welche unter der Maschine liegen und von ihr gedreht

werden, indeß die gewöhnlichen Räder ebenfalls auf ihren Schienen arbeiten. Das Anklemmen und Fortwälzen der Scheiben bewirkt also die sichere Aufwärtsbewegung, während sie abwärts wie Hemmschuhe wirken, da die Wagen nicht schneller gehen können als die Scheiben sich drehen. Es werden auf diese Weise Steigungen von 6—8 Prozent, also 1 auf 16—12 leicht überwunden. Die Fahrt über das Gebirge mit seinen vielen großartigen Naturscenerien war bei heiterm Wetter eine der genußreichsten, die es geben kann und sanft wie in einem eleganten Kabriolet wurde der Reisende über die Höhen und neben steilen Abgründen hingeführt.

Ein ähnliches Gefährt schafft seit mehreren Jahren auf noch kühner angelegtem Pfade an Abgründen empor und über Felsschluchten hinweg Aussichtslustige auf den weltberühmten Schweizer Gebirgsstock Rigi und wieder herab. Hier ist das Prinzip der Zahnstange in Anwendung gebracht. Es zieht sich zwischen den Schienen eine Vorrichtung hin, die einer Leiter ähnlich ist, und an ihr arbeitet sich die Maschine auf- und abwärts. Es werden nur ein oder zwei Omnibus auf einmal befördert. Die Maschine geht ihnen ab- wie aufwärts vorher, trägt sie also im erstern Falle gleichsam herab und zwar so behutsam, daß sie auch bei solchem Niedergange jeden Augenblick anhalten kann. Die Bahn wird noch bis zum Gipfel geführt. Die Abfahrts- und oberste Station sind um die senkrechte Höhe von 1110 Meter von einander entfernt, und zur Verbindung dieser beiden Punkte sind nur 5240 Meter Eisenbahn vorhanden. Dafür beträgt aber die Steigung auf den steilsten Stellen volle 25 Prozent, also 1 auf 4.

Wiewol die große Eisenstraße durch den Mont-Cenis mit Recht als bewundernswertheste Werk des Menschenfleißes in neuester Zeit gepriesen wird, so interessirt uns doch kaum minder die seit Jahren schon im Gang befindliche neue Schienenstraße über jenen 2000 Meter hohen Gebirgsrücken der Tiroler Alpen zwischen Innsbruck und Sterzing, den Brenner, auf der Scheide zwischen Nord- und Südtirol gelegen, jedenfalls nächst der viel besprochenen und beschriebenen Semmeringbahn die interessanteste Gebirgseisenbahn, welche Mitteleuropa mit Italien verbindet. Dieselbe zieht sich in einem mehrere Stunden langen Thaleinschnitte hin und erreicht ihre höchste Meereshöhe mit 1300 Meter. Neben ihr geht die nach dem Paß genannte Brennerstraße, die niedrigste aller großen Alpenstraßen.

Sie wird nach ihrer südlichen Seite zu von der starken Franzensveste beherrscht. Wenn man vom Brenner spricht, so meint man diesen Paß, den ältesten Verbindungsweg zwischen Italien und Deutschland. Schon die alten Römer hatten über den Brenner eine große Straße von Verona nach Augsburg angelegt. Im Mittelalter hieß dieser Hauptübergang zwischen Süd und Nord die Kaiserstraße und war die nächste Verkehrslinie zwischen der mächtigen Handelsstadt Venedig und den großen deutschen Reichsstädten. Es war auch damals die gewöhnliche Heerstraße nach Italien und noch gemahnen allenthalben malerische Bergruinen auf den Felshöhen an die frühere Bedeutung.

Und jetzt hat der Brenner wiederum seine alte Bedeutung nicht nur gewonnen, sondern noch vermehrt. Der über ihn führende vollendete zweite

Schienenweg über die Alpen, am 18. August 1867 eröffnet, bildet eine der großen Weltstraßen, wenngleich sie nur 16 Meilen lang ist. Sie vermittelt zunächst den Verkehr zwischen Süddeutschland und Italien, hauptsächlich aber den Welthandel zwischen Europa und dem Orient.

In der That bildet die Brennerbahn eines der Riesenwerke der Gegenwart. Bei Innsbruck beginnend, zieht sie sich dem Flüßchen Sill entlang an steilen Felswänden bis auf die Höhe des Brennerpasses, geht dann ins Thal des Eisack über und verfolgt es, unter den Kanonen der Franzensveste vorbei, bis Botzen. Durch die Felsen sind 23 Tunnels gebohrt, darunter einer von 600, ein anderer von 780 Meter Länge. Es ist eine romantische Fahrt: bald durch dunkle riesige Felsenthore, dann wieder über hohe Dämme und im ehemaligen Bette der Sill selbst hin, die daraus vertrieben worden ist und sich tosend durch eine enge Schlucht winden muß; bald gleitet die Bahn an steilen Felswänden hin, wo der finstere Abgrund gähnt, und über gewaltige Erddämme und Böschungen. Prächtige Wasserfälle sieht man, den fischreichen Brennersee und die Quellen der Sill und des Eisack — ringsum himmelhohe Berge. Aber endlich wird die Luft milder, die Pflanzenwelt üppiger, und jetzt lacht uns das herrliche Kesselthal von Botzen entgegen. Alles verkündigt schon die Nähe Italiens. Die weiß schimmernden Häuser der reichen Stadt mit der schönen gothischen Pfarrkirche breiten sich aus in einem ungeheuern Garten von Weingefilden, Kastanienwäldern, Schlössern, Landhäusern und Kirchen an den Berggeländen. —

Zahlreiche Eisenbahnen verbinden die aufblühenden Staaten von Nordamerika; das großartigste Unternehmen aber bildet die den Welttheil von einem Meere zum andern durchschneidende sogenannte Pacificbahn (Bahn zum Stillen Meere), sowol als Bauwerk wie hinsichtlich der raschen Ausführung. In jenem weiten Gebiete, wenigstens in dem erst schwach besiedelten Westen desselben, spielen die Eisenbahnen eine ganz andere Rolle als bei uns; denn während wir solche nur als letztes und vorzüglichstes Verkehrsmittel durch schon volkreiche Gegenden führen, wo Passagier- und Waarenzüge sicher zu erwarten sind, dringt dort umgekehrt der Schienenweg als vorderster Pionnier in die von wilden Menschen und Thieren spärlich bewohnte Einöde vorwärts, und die Kultur folgt unmittelbar hinterdrein. Die Lokomotive schleppt alle Mittel zum Bahnbau und zur Kolonisation herbei; sie hinterläßt Stationen, die sich meist bald zu Dörfern, Städten oder selbst großen Bevölkerungsmittelpunkten erweitern. Handel, Verkehr und Anbau leben auf und die Tummelplätze wilder Büffelherden verwandeln sich wie durch Zauber in fruchtbares Kulturland.

Durch das rasche Aufblühen Kaliforniens infolge der Einwanderungsströme, welche Anfangs das dort entdeckte Gold, dann auch die übrigen Vortheile des schönen fruchtbaren Landes herbei gezogen, war am Stillen Meer ein wichtiger Zuwachs der Vereinigten Staaten entstanden, dessen direkte Verbindung mit den Oststaaten hergestellt werden mußte trotz den zwischenliegenden Strecken noch unbesiedelten, nur von Horden feindlicher Eingeborener durchzogenen Landes. Und in wenigen Jahren war mit einer unerhörten Raschheit das Unternehmen ausgeführt, so daß schon im Mai 1869 die Bahn eröffnet werden konnte und

man ſeitdem die ganze Breite des Welttheils, von New-York oder Boſton bis San Francisco, in einer ununterbrochenen Fahrt binnen ſieben Tagen oder noch etwas kürzerer Zeit durchfliegen kann. Dieſe Strecke iſt 716 deutſche Meilen lang, und man nennt ſie im weitern Sinne wol die Pacificbahn, während die eigentlich ſo heißende neue Weſtſtraße erſt tief im Innern, bei der Stadt Omaha jenſeit des Miſſouriſluſſes beginnt, ein Punkt, welcher in verſchiedenen Richtungen auf älteren öſtlichen Bahnen erreicht werden kann und ſchon 305 Meilen von der Oſtküſte entfernt liegt.

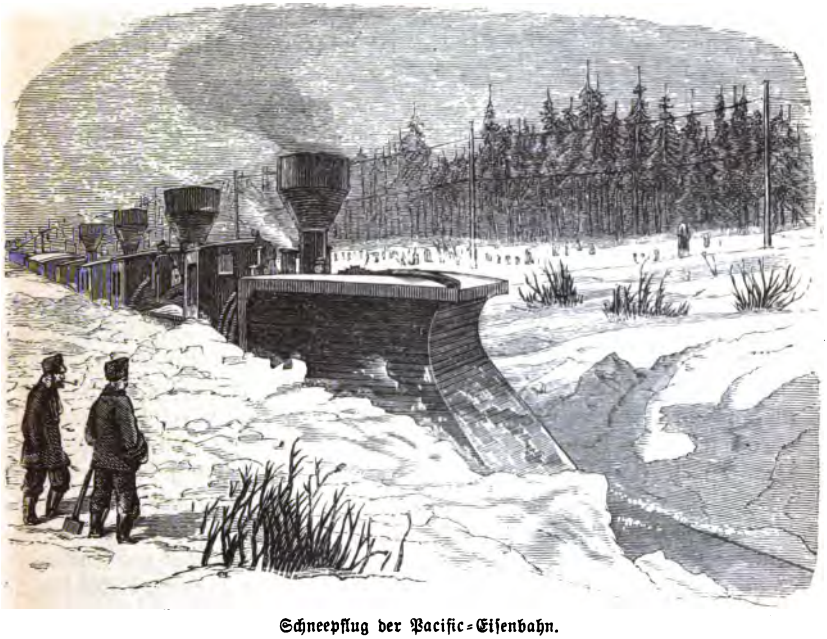
Schneedach über einer Strecke der Pacificbahn.

Es iſt aber bei der einen Bahn nach Kalifornien nicht geblieben, denn weiter ſüdlich iſt eine andere, die Kanſas-Pacificbahn, bereits fertig, und eine mehr nördlich verlaufende Linie, aber ſo gelegt, daß ſie die direkteſte Verbindung mit Rußland (Amurmündung) herſtellt, harret ihrer demnächſtigen Vollendung.

Die Bahn Omaha-San Francisco wurde in zwei großen Abſchnitten von zwei verſchiedenen Geſellſchaften 1863, der öſtliche Theil im Januar, der weſtliche im Dezember zu bauen begonnen; das Rieſenwerk forderte alſo noch nicht volle 6 Jahre zu ſeiner Vollendung. Im Oſten hat die Natur die Anlage ſehr begünſtigt, da man hier weithin nur ebenes Prairieland zu überſchreiten hatte.

Hier rückte der Bau so rasch fort, daß an manchem Tage über zwei deutsche Meilen Schienen gelegt wurden. Die Ebene ist aber dennoch eine, wenn auch nur ganz sanft ansteigende, denn wenn man 112 Meilen westlicher bei der Stadt Cheyenne angelangt ist, befindet man sich, ohne es vermuthet zu haben, bereits ca. 1700 Meter höher als in Omaha.

Eine eigenthümliche Erscheinung für den Fremden bilden die armen indianischen Bewohner der Prairien, die häufig, schon von Omaha an, in die Ortschaften und Stationen kommen und gewöhnlich betteln. Ihre Erdhütten und Zelte sind oft in nur kurzer Entfernung von der Bahn aufgeschlagen.



Schneepflug der Pacific-Eisenbahn.

Diese Leute haben dem Bahnbau oft große Hindernisse bereitet, Schienen aufgerissen, Züge zum Entgleisen gebracht und beraubt, Menschen getödtet. Seit dem Beginn des regelmäßigen Betriebs kommt dergleichen nicht mehr vor, da sich auf jedem Zuge eine große Zahl mit Flinten und Revolvern bewaffnete Passagiere befindet.

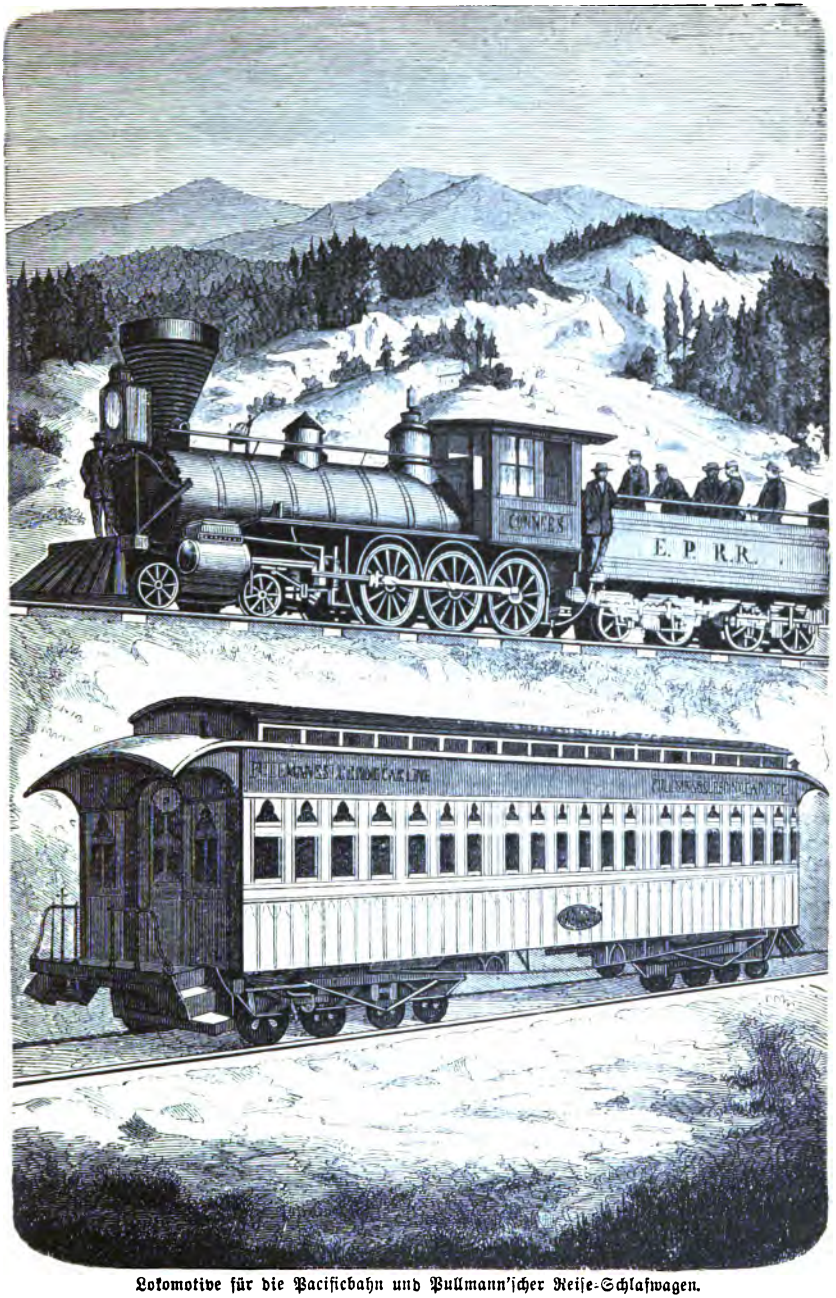
Von Cheyenne ab verwandelt sich die Scene: die Bahn tritt in die Rocky Mountains oder Felsengebirge ein; sie sind aber nicht so wild und schroff wie ihr Name erwarten läßt, sondern die Bahn kann sich in nicht übermäßigen Steigungen an und zwischen den Bergen emporziehen und der Bau machte viel weniger Schwierigkeiten als befürchtet wurde, wenn er auch immerhin eine starke Leistung als Gebirgsbahn bleibt, denn der höchste überstiegene Punkt erhebt sich 2740 Meter

über die Meeresfläche; hier liegt Sherman, die erhabenste Bahnstation der Welt. Auf wasserlosen Hochplateaus, reinen Wüsten mit den bizarrsten Felsgebilden besetzt, läuft die Bahn jenseit des Kammes weiter fort und steigt endlich durch enge tiefe Felsschluchten (Canons, der schwierigste Theil der Anlage) in das weitläufige Becken hinab, in welchem der große Salzsee liegt. Dies ist die Gegend, wo die wunderlichen Heiligen, die vielweiberigen Mormonen, weit ab von der civilisirten Welt unter Indianern ihre letzte Niederlassung gründeten und nun doch von der Eisenbahn wieder ein- und überholt worden sind.

Am Salzsee in Ogden ist der Uebergang von der östlichen auf die westliche, von Kaliforniern gebaute Bahnstrecke, welche 161 deutsche Meilen lang ist und an der viele Tausende nach Kalifornien ausgewanderter Chinesen mit gebaut haben. Aus dem Salzsee-Territorium Utah geht's weiter durch den mit Bergen und Seen besetzten, großentheils eine bloße Salzwüste bildenden Staat Nevada, wo aber zahlreiche Silberminen gefunden und ausgebeutet werden. Nachdem Nevada durchfahren, überschreitet man die Ostgrenze Kaliforniens und gelangt nun plötzlich in eine ganz neue Welt: es gilt nun die Uebersteigung der Schneealpen (Sierra Nevada), eines Gebirges, das an Großartigkeit den europäischen Alpen kaum nachsteht, an romantischen Reizen aber sie weit übertrifft, obgleich seine Kämme weder Gletscher noch ewigen Schnee tragen, denn die ungeheuern Schneemassen, die sich auf den Höhen ansammeln, verschwinden in den Sommermonaten völlig.

Aus den wüsten Steppen Nevada's also sieht sich der Reisende fast plötzlich in eine prachtvolle Scenerie versetzt, die mit den seltensten Reizen der Natur ausgestattet ist. Höher und höher steigt der Zug im Gebirge aufwärts und immer romantischer, großartiger und wechselvoller werden die Umgebungen, immer blumiger die Erde, milder und balsamischer die Luft, vollstimmiger der Gesang der Vögel. Herrliche Baumwälder bedecken die Höhenzüge. Je höher die Bahn sich empor windet, desto freier und überraschender werden die Tiefblicke auf Thäler und Schluchten, Seen und Wasserfälle. Vielfach ist die Scene belebt von Menschen und ihren Ansiedelungen. Weiße, Chinesen und Indianer sind gleich emsig beschäftigt mit Förderung des kostbarsten Produkts der Gebirge, des Goldes, und überall sieht man die mannichfaltigsten bergmännischen Vorrichtungen hierzu. Endlich ist der oberste kahle Gebirgskamm erklommen und die höchste Station erreicht, welche 2350 Meter über der Meeresfläche liegt. Um hier herauf zu kommen, hat die Lokomotive wiederholt Steigungen von 1 auf $45\,^1/_2$ zu überwinden.

Das Hinabsteigen auf der Westseite gewährt das Gegenbild von der östlichen, nur ist hier die Besiedelung schon weiter gediehen, und man begegnet schon verschiedenen kleinen hübschen Städten. Der Fall der Bahn ist so steil, daß fast ohne Anwendung von Dampf hinab gegangen wird. Ungemein fruchtbare Thäler und reich gesegnete Ebenen schließen sich an den Fuß des Gebirges, durch welche die Bahn nach Fluß und Stadt Sacramento hinführt, der Staats-Hauptstadt Kaliforniens. Auf verschiedenen Bahnen und Dampferlinien kann dann der Reisende die letzten 30 Meilen bis San Francisco zurücklegen.



Lokomotive für die Pacificbahn und Pullmann'scher Reise-Schlafwagen.

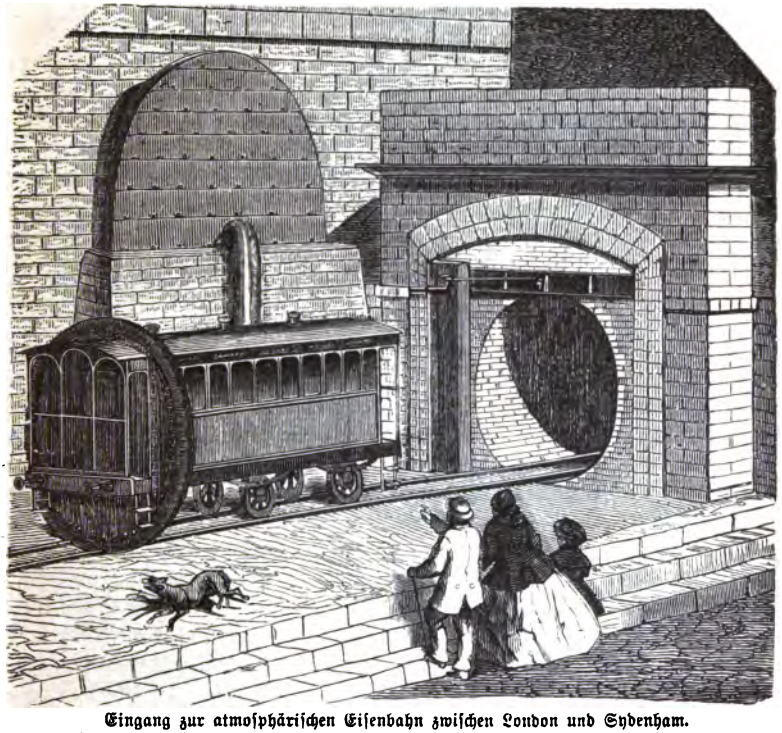
Die Sierra Nevada hat weit mehr Gelegenheit gegeben, außergewöhnliche Hindernisse des Bahnbaues zu überwinden, als das Felsengebirge. Es wechseln daher auf diesem Alpenübergange mächtige Einschnitte, durch Felsen gesprengte Tunnel von zusammen 1980 Meter Länge, der längste 530 Meter, kühne Brücken und Viadukte, meist ganz aus riesigen Baumstämmen aufgebaut. Eine nur hier vorkommende Erscheinung sind aber die weitgestreckten Schneedächer, welche die an steilen Höhen hinziehende Bahn vor den kolossalen Schneelasten und Lawinenstürzen schützen sollen, in einem und dem andern Falle aber doch schon unter letzteren zusammengebrochen sind. Sie sind aus dem stärksten Bauholz konstruirt und bilden halbdunkle Galerien mit stark geneigtem einseitigen Dach. Diese nahe bei einander liegenden Schutzbauten haben eine Gesammtlänge von 7 deutschen Meilen. Sie beeinträchtigen nebst den Tunnels und Einschnitten den landschaftlichen Genuß des Reisenden nicht wenig. Als weiteres Bahnbefreiungsmittel hat man mächtige sinnreich konstruirte Dampfschneepflüge, und die sehr großen und kräftigen Lokomotiven haben am Vordertheil einen aus Eisenstäben gebildeten Apparat, cow catcher (Kuhfänger) genannt, der in wirksamer Weise ziemlich große Gegenstände aus der Bahn zu werfen vermag, wie ja schon sein Name vermuthen läßt.

Für die Bequemlichkeit der Reisenden ist auf der Pacificbahn in ausgezeichneter Weise gesorgt. Die Personenwagen sind weit länger und höher, als wir sie kennen, haben längsdurch einen Gang, die Polstersitze zu beiden Seiten, und die einzelnen Wagen sind so verbunden, daß man jederzeit sich durch den ganzen Zug bewegen kann. Die Wagen sind im Winter gut geheizt, Wasser ist umsonst, Obst, Getränke und andere Genußmittel, Zeitungen und anderer Lesestoff käuflich zu haben. Jeden Zug begleiten ferner ein oder mehrere prachtvoll eingerichtete Schlafwagen, in denen 40—50 Personen bequem in Betten schlafen können, die sich außer der Schlafzeit in äußerst bequeme Sitze verwandeln lassen. Endlich fehlen auch nicht die luxuriösen Hotelwagen, fahrende Restaurants, in denen 48 Personen gleichzeitig auf das feinste diniren können. Schlaf- und Hotelwagen sind aber nicht in der Fahrtaxe inbegriffen, sondern bilden Extra-Anstalten für Leute, die das Geld dazu haben. Die an den Wagen dieser Bahn befindlichen Buchstaben E. P. R. R. bedeuten: East Pacific Rail Road (Ost-Pacificbahn).

Die atmosphärische Eisenbahn.

Der Gedanke, durch Luftdruck Gegenstände in Röhren fort zu bewegen, liegt zu nahe, als daß man nicht hätte darauf kommen sollen, auf ihn ein Transportsystem zu gründen. Ein gut schließender Kolben muß in einer Röhre vorwärts getrieben werden, wenn entweder hinter ihm Luft eingepumpt oder vor ihm welche herausgezogen wird. Der Kolben wird auch noch einige Belastung von Briefen oder Packeten mitnehmen, die man ihm auf einen kleinen Wagen

verladen anhängt. In diesen engen Grenzen hielt sich der Plan des Dänen Medhurst, mit dem er zuerst 1810 an die Oeffentlichkeit trat, und in der That hat die Sache in so weit einigen Erfolg gehabt, denn es bestehen hier und da, z. B. in Berlin zwischen Telegraphenamt und Börse, Röhrenverbindungen, durch die man sich die Depeschen zubläst, oder in großen Postämtern (London z. B.) für die Ueberführung von Packeten aus einem Lokal ins andere, namentlich zwischen Nebenpostämtern und der Hauptstation.



Eingang zur atmosphärischen Eisenbahn zwischen London und Sydenham.

Für den Brief- und Depeschenverkehr durch enge Röhren dienen gewöhnlich nicht die Luftpumpen, sondern man benutzt die Luftansaugung, welche durch das Ausfließen von Wasser aus einem Reservoir bewirkt wird. Für den Personentransport jedoch hat sich die Idee nicht verwerthen lassen, daher die darauf bezüglichen Versuche hier auch nur kurz berührt werden sollen.

Das Unternehmen, auf meilenlange Entfernungen eine so weite Röhre zu legen, daß wirklich Personenzüge durchgehen könnten, mußte von vornherein als zu abenteuerlich erscheinen. Die englischen Ingenieure Clegg und Samuda hofften der Sache eine bessere Gestalt dadurch geben zu können, daß sie nur den Kolben in einer

engen Röhre, den Wagenzug aber außerhalb derselben gehen ließen. Die nöthige Verbindung zwischen Kolben und Wagen bildete eine Eisenschiene, für welche also die Röhre zu oberst einen Schlitz haben mußte. Diese Oeffnung war mit einer fortlaufenden Klappe verdeckt, einem mit Eisenplatten beschwerten Lederriemen, der von der durchgehenden Verbindungsschiene gehoben und von einer nachfolgenden Rolle wieder nieder gedrückt wurde. Eine Schicht fettiger Masse, die zu beiden Seiten des Schlitzes eingelassen war, half den luftdichten Verschluß herstellen. Die größte Versuchsstrecke für dieses System, von einer Meile Länge, war in Irland zwischen den Städten Kingstown und Dalkey angelegt. Die anscheinend guten Erfolge veranlaßten die Anlage eines andern Stücks zwischen Paris und Saint Germain zur Ueberwindung einer hohen Steigung, das von 1847—1859 benutzt wurde. Das ganze System erwies sich aber in der Praxis als unhaltbar; es traten eine Menge Uebelstände zu Tage, unter welchen die bedeutende Kostspieligkeit wegen der erforderlichen großen Luftpumpmaschinen nicht der kleinste war. Einer größern Verbreitung dieser Bahnen hätte auch schon der Umstand entgegen gestanden, daß bei ihnen Kreuzungen und Abzweigungen ganz unmöglich sind, ebenso auch der Uebergang auf gewöhnliche Bahnen. Immerhin aber ist es schade, daß kein Ersatz da ist für die Raschheit, Ruhe und Sicherheit des Fahrens, wie sie jene Bahnen gewährten. Sie sind jetzt entschieden wieder aufgegeben und alle Anlagen seit Jahren schon beseitigt worden.

Eine wirkliche Röhrenfahrt für Personen ist indeß doch auch zu Stande und in Betrieb gekommen, wenn auch aus dem besondern Anlaß der Londoner Industrie-Ausstellung, nämlich die Strecke von London nach dem Industriepalast in Sydenham. Es ist dies ein aus Backstein gemauerter Tunnel, durch welchen die Schienen für einen Omnibus gehen. Statt der Luftpumpen wirkt an einem Ende ein seitwärts stehendes großes, von einer Dampfmaschine getriebenes Windrad in einem blechernen Gehäuse, im Grunde nichts als ein großartiger Ventilator, der in der einen Drehungsrichtung Luft in den Tunnel treibt, in der andern solche heraus zieht. Als Kolben wirkt eine am Hintertheil des Wagens befindliche Scheibe, die auf ihrem Rande einen bürstenartigen Besatz von Seide trägt. Dieser schleift ringsum an der Innenwand des Tunnels und bewirkt einen genügenden Abschluß, denn es bedarf nur eines sehr kleinen Ueberdrucks von einer Seite, um den Wagen nach der andern fort zu bewegen. Ist der letztere in das Tunnelende eingeschoben und dieses durch ein paar Flügelthüren abgeschlossen, so treibt das Gebläse Luft hinter ihm ein und der Wagen mit seinen Insassen gelangt in sanfter und rascher Weise in einigen Minuten ans Ziel. Die Rückfahrt wird bewirkt, indem man das Windrad in der andern Richtung laufen läßt, wo es ansaugend wirkt und eine Luftverdünnung im Tunnel herstellt; es drückt nun die äußere Luft vom offenen Ende her und treibt den Wagen an die Abfahrstation zurück.

Robert Fulton.

III.

Das Dampfschiff.

Was die Lokomotive auf dem Lande, das ist das Dampfschiff auf dem Wasser, oder sollte es wenigstens der ersten Idee der Erfinder zufolge sein. Denn das erste Patent, welches auf ein Dampfschiff genommen wurde, das von Jonathan Hull, lautete auf ein Schiff, das, durch eine Dampfmaschine bewegt, im Stande sein sollte, andere Fahrzeuge gegen Wind und Strömung fortzuziehen.

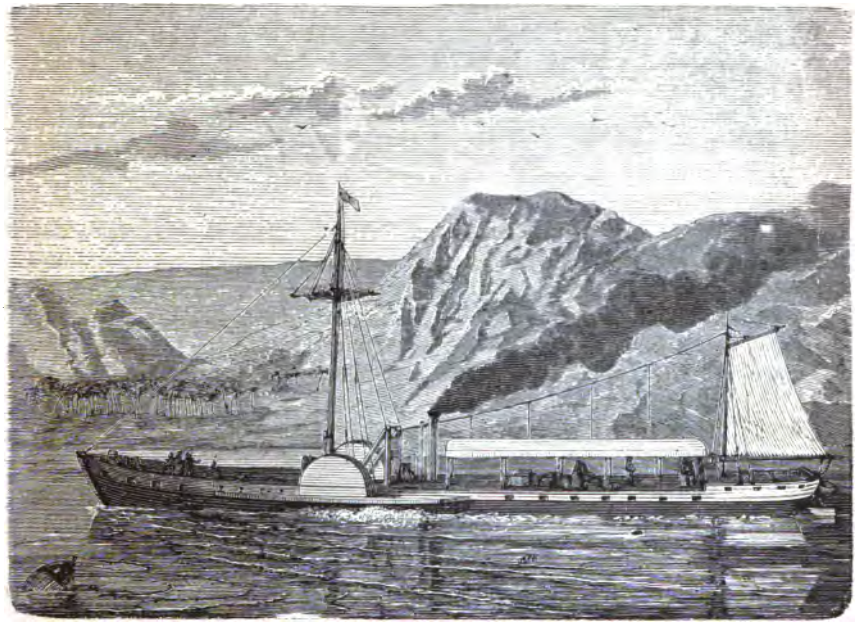
Diesen Dienst besorgen jetzt bekanntlich die Schleppdampfer; aber er macht doch nur einen bescheidenen Theil aus von den Gesammtleistungen der Dampffahrzeuge. Das Feuerschiff hat in allen Stücken das von den launischen Winden abhängige Segelschiff entweder ganz verdrängt, oder doch sehr wesentlich beschränkt, auf den großen Weltmeeren wie auf Seen und Strömen, zu Friedens- wie Kriegszwecken, und gerade in letzterer Hinsicht am entschiedensten, denn hölzerne Segelschiffe heute noch in den Krieg schicken wollen, würde ein sehr gefährliches Wagniß sein.

Die Dampfkraft zum Forttreiben von Booten und Schiffen zu benutzen, war ein sehr nahe liegender Gedanke, und Viele suchten ihn ins Werk zu setzen,

zunächst mit geringen Erfolgen, bis 1784 Watt's doppeltwirkende Maschine bekannt wurde, deren größere Kraft auch größere Wirkungen ermöglichte. Daß Papin fast 100 Jahre früher mit einem Dampfboote in Deutschland fuhr, war vergessen, und wir selbst wissen ja von der Beschaffenheit seiner Maschine nichts Näheres. Die Versuche, welche jetzt, von etwa 1770 an, hier und da mit Dampffahrzeugen gemacht wurden, mußten also ganz von vorn anfangen. Als solche Vorläufer erscheinen der Marquis Jouffroy in Frankreich, Miller, Taylor und Symington in Schottland, Fitch und Rumsey in Nordamerika. Symington hatte in der That 1802 ein gangbares Boot hergestellt mit einem vorausgehenden Schaufelrad. Es sollte zu Kanalfahrten benutzt werden; aber die Eigenthümer von Kanälen erhoben dagegen heftigen Widerstand wegen der zu befürchtenden Uferbeschädigungen, und so wurde auch aus dieser Sache nichts. Das Dampfschiff sollte gar nicht in Europa, sondern in Amerika zur Perfektion kommen, und diese Thatsache knüpft sich an den Namen Robert Fulton. Er war ein junger Maler und Techniker aus Amerika, der sich in England und Frankreich aufhielt und verschiedene Erfindungen und Pläne zu technischen Unternehmungen ohne Erfolg an den Mann zu bringen suchte. Endlich fand er an dem Gesandten seines Landes am Pariser Hofe, Kanzler Livingston, einen Gönner, der ihn in Stand setzte, ein kleines Dampfboot zu bauen. Dieses legte am 9. August 1803 seine erste öffentliche Probe auf der Seine mit Erfolg ab und ging stromauf mit einer Geschwindigkeit von $^3/_4$ Meilen per Stunde. Die Franzosen in ihrem damaligen Kriegsfieber beachteten die Neuigkeit kaum, und der Kaiser Napoleon bezeichnete die Sache geradezu als einen Schwindel, mit dem er nichts zu thun haben wolle. Fulton kehrte nun, in der Alten Welt in seinen Erwartungen arg getäuscht, in seine amerikanische Heimat zurück, um dort sein Heil weiter zu versuchen, bestellte sich aber vorher bei der berühmtesten englischen Maschinenwerkstätte Boulton und Watt eine besonders kräftige Schiffsmaschine, denn sein nächster Dampfer sollte nicht mehr eine Art Modell, sondern gleich etwas Rechtes werden. Es wurde im August 1807 fertig, maß in der Länge 47 Meter und konnte 3200 Centner laden.

Fulton's Landsleute zeigten denselben Mangel an Verständniß und Zutrauen in das Unternehmen wie die Leute in Europa; das im Entstehen begriffene Fahrzeug war der Gegenstand beißender Kritiken und Spöttereien; sie nannten es nur Fulton's Thorheit. Als dasselbe zur Probe fertig war, bestieg es Fulton unter dem Hohngelächter vieler Tausende, das sich verzehnfachte, als das Fahrzeug auf das Signal zur Abfahrt zwar eine kleine Strecke fortging, dann aber ruhig stehen blieb. Fulton hatte indeß den Fehler in der Maschinerie bald gefunden und beseitigt, und als nun der „Clermont" wirklich mit zunehmender Geschwindigkeit in die Wogen des Hudson hinein dampfte, schlug eben so plötzlich die Stimmung des Publikums um und endloses Jubelgeschrei begleitete die ersten Schritte einer neuen folgenreichen Erfindung. Fulton selbst schreibt darüber: „Als ich mein erstes Dampfboot in New-York baute, betrachtete das Publikum dasselbe theils mit Gleichgiltigkeit, theils mit Verachtung, gleichsam wie das Gebilde eines tollen Traumes. In der That, meine Freunde behandelten

mich, obschon artig, doch mit einer gewissen Scheu. Sie hörten meine Erklärungen ruhig an, aber die Ungläubigkeit lag auf ihren Gesichtern. Oft hatte ich Gelegenheit, wenn ich täglich nach dem Schiffswerft ging, unerkannt die Urtheile der Vorübergehenden zu belauschen. Man verachtete, belachte, verspottete allgemein mein Unternehmen. Oft brach auf meine Kosten ein lautes Gelächter aus; trockner Spott, kluge Berechnungen über die Verluste an Zeit und Geld, das waren die ewig sich wiederholenden Urtheile über „Fulton's Thorheit". Nirgends traf ich auf ein ermunterndes Zeichen, auf einen Strahl von Hoffnung, auf einen warmen Glückwunsch. Die größte Höflichkeit, die man mir erwies, war Schweigen, Verhüllung der Zweifel oder gelinde Vorwürfe! —



Fultons erstes Dampfschiff „Der Clermont".

Als aber der Versuch gelungen war, als das Boot noch nicht die erste Meile zurückgelegt hatte — da war auch der Ungläubigste bekehrt; Diejenigen, welche sonst achselzuckend auf die theure Maschine geblickt und dem Himmel gedankt hatten, daß sie ihr Geld behielten, waren jetzt die lautesten Lobpreiser, und Die, welche geschwiegen hatten, hielten sich nun für die Weisen." — Doch warum sich wundern über das Gebahren der großen Menge, wenn man sieht, wie selbst große Geister unfähig sind, technische Fortschritte und ihre Folgen zu würdigen. Napoleon wies Fulton trocken ab, als dieser ihm anbot, ihm eine Dampfflotte und damit eine Brücke nach England zu bauen, und selbst der große Astronom und

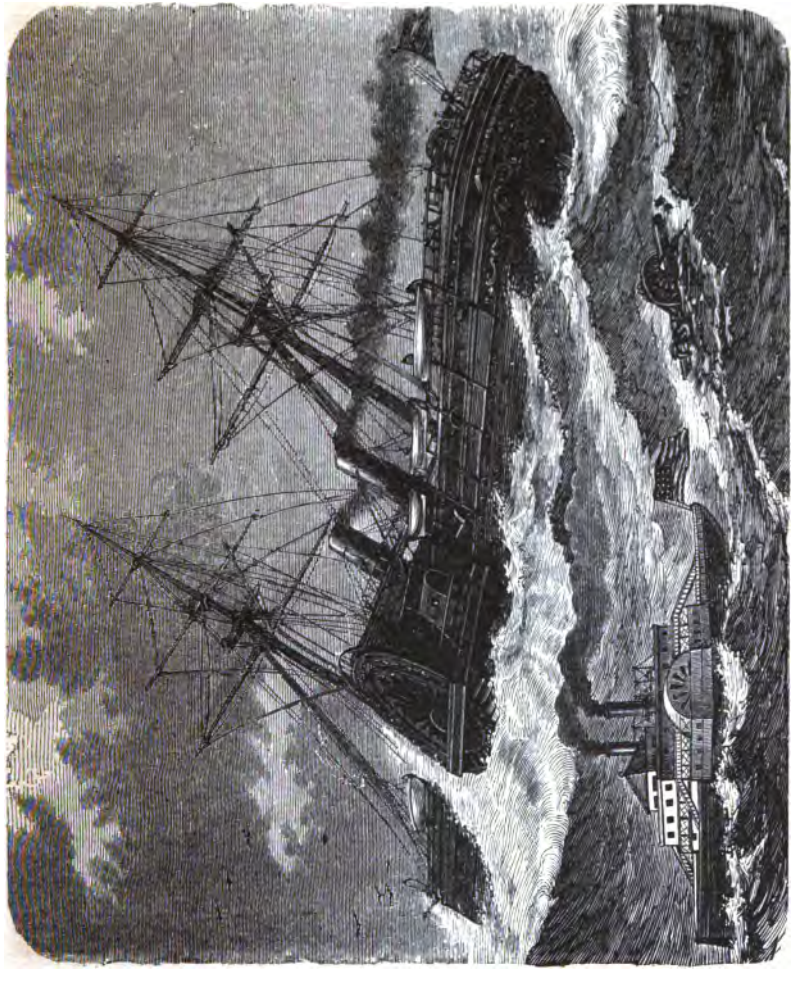
Physiker Franz Arago hatte hundert ängstliche Bedenken, als es sich um die Anlage von Eisenbahnen in Frankreich handelte. Er fürchtete unter Anderm sogar, daß die Passagiere, die an einem heißen Sommertage durch einen Tunnel führen, alle auf den Tod erkältet wieder heraus kommen würden. Es ging mit den Eisenbahnen eben auch wie mit vielen andern Dingen: die Praxis eilte, oft mit großer Kühnheit, voran, und die Theorie folgte.

Der „Clermont" war zur regelmäßigen Fahrt zwischen New-York und dem 30 Meilen oberhalb am Hudson gelegenen Albany bestimmt und brauchte dazu gewöhnlich 32 Stunden auf- und 30 abwärts. Natürlich wurde die Geschwindigkeit der Dampfschiffe in der Folge noch ansehnlich gesteigert. Die erste Fahrt hatte der „Clermont" ohne Passagiere zu machen, da Niemand sich diesem unheimlichen Fahrzeug anvertrauen mochte; für die Rückfahrt fand sich ein Wagehals; dann mehrte sich aber der Zulauf, und das Schiff hat seine regelmäßigen Tagesfahrten lange fortgesetzt und war das erste, welches rentirte. Man fuhr Tag und Nacht; zur Feuerung diente Leseholz aus den Nadelwäldern, welche damals den Hudson umsäumten. Dies gab denn bei Nacht durch sein flammendes Brennen, mit einer dem Schlot entsteigenden mächtigen Feuersäule, einen furchtbar schönen Anblick, ein Schreckbild aber für Alles, was sich auf dem Strome befand.

Fulton baute noch manchen schönen Dampfer, sowol für seine eigene Gesellschaft als für fremde Rechnung, und in wenigen Jahren beherrschte das Feuerschiff schon alle großen Flüsse und Seen des weiten Landes und verlieh der Besiedlung der Staaten Ohio, Missouri, Illinois und Indiana einen Aufschwung, der außerdem vielleicht in 100 Jahren erst erreicht worden wäre. Die Dampfer, welche jetzt die großen Ströme in Menge bevölkern und hauptsächlich dem Personenverkehr dienen, sind wahre Riesenbauten und gleichen schwimmenden Palästen, denn zweistöckige Gebäude nehmen fast die ganze Länge des Schiffs ein und enthalten Kajüten und Säle für 500—600 und mehr Personen. Auch in Bezug auf luxuriöse Ausstattung ist der Vergleich dieser Fahrzeuge mit Palästen völlig zutreffend.

Den Erfolgen in Amerika gegenüber blieb die Alte Welt sehr im Rückstand, denn für die Entwicklung der Flußschiffahrt gab es hier nicht den großen Spielraum wie jenseits, und an Befahrung der Meere dachte vor der Hand noch Niemand. Im Jahre 1820 gab es in ganz England erst 43 kleine Bugsir- und Personendampfer, und um diese Zeit gingen dergleichen auch schon auf der Elbe, Oder, Spree und Havel, auf Rhein, Donau und Bodensee. Es ging nun aber die Entwicklung der Dampfschiffahrt alljährlich rascher vorwärts, und man wagte sich nun auch an die Aufgabe, das Seedampfschiff ins Leben zu rufen, was von Seiten verschiedener Gelehrten für ein Ding der Unmöglichkeit erklärt worden war. Ein Seeschiff mußte nothwendig eine Größe und Maschinenstärke haben, zu der man sich bis dahin noch nicht verstiegen hatte. Kleine Schiffe hätten zu einer Reise nach der Neuen Welt ihren ganzen Laderaum mit Kohlen vollstopfen müssen; erst durch Vergrößerung des Fahrzeugs ist ein besseres Verhältniß und etwa noch die Hälfte des Raumes für andre Ladung zu gewinnen.

Den Engländern mußten die Seedampfer wegen ihrer vielen überseeischen Beziehungen am meisten am Herzen liegen, und so wurde denn auch dort der Bau derselben am meisten kultivirt. Von 1838 ab, wo der erste Dampfer nach Amerika ging, traten nach einander Seedampfer ins Leben, die an Größe immer mehr zunahmen, so daß jeder folgende seine Vorgänger stark überholte.



Transatlantisches Packetboot und amerikanischer Flußdampfer. (Zum Behufe des Größen-Vergleichs.)

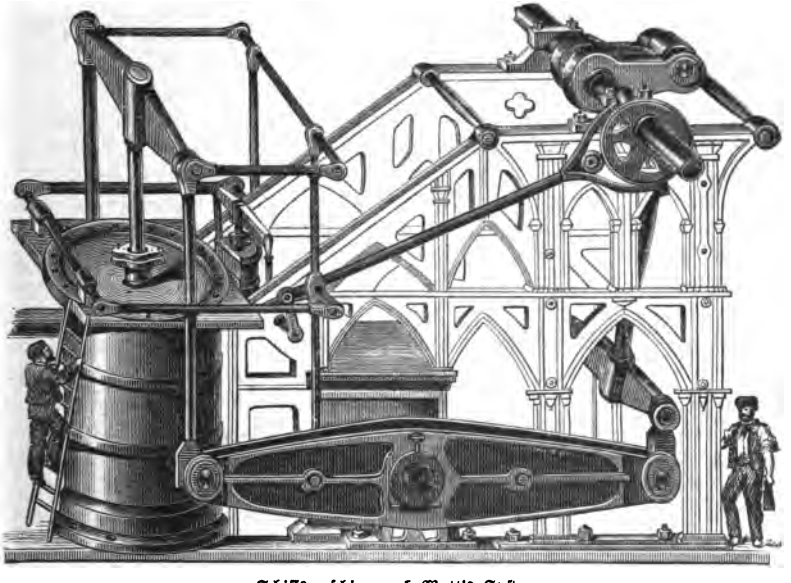
Es waren namentlich der „Sirius“ mit Maschinen von 320 Pferdekraft, der „Great Western“, der „Great Britain“ von 1000, die „Persia“ von noch einigen Hundert Pferdekräften mehr. Am weitesten aber, und wie der Erfolg gezeigt hat, schon über das Zulässige hinaus, wurde die Riesenhaftigkeit getrieben durch

den „Leviathan“, nachmals „Great Eastern“ oder großer Ostindienfahrer genannt, der wol den regelmäßigen Dienst auf dieser Tour nie angetreten hat. Dieses Schiff ist 220 Meter lang und 26 Meter breit und übertrifft das größte englische Kriegsschiff, den Wellington, an Größe mehr als dreimal. Die Einrichtungen des Baues setzen jeden Beschauer in Staunen durch ihre Schönheit und Zweckmäßigkeit. Der Schiffsraum ist durch Zwischenwände in 24 ganz getrennte Abtheilungen geschieden, so daß jede Beschädigung immer nur einen kleinen Theil treffen kann. Die ungeheuern Eisenwandungen, gleichsam die Eisenhäute dieses Meerungeheuers, sind doppelt vorhanden und durch Zwischenräume von $^3/_4$ Meter Durchmesser von einander getrennt, so daß gewissermaßen zwei Schiffe, eins in das andere hinein gebaut sind. Selbst wenn die Wandung durchstoßen und alle Räume im Innern mit Wasser gefüllt wären, sind die zwischen den Decks liegenden luftdicht verschließbaren Räume groß genug, Schiff und Ladung über Wasser zu halten. Das Fahrzeug ist also darauf angelegt, daß es gar nicht untergehen kann, so weit überhaupt menschliche Voraussicht dies zu verhindern vermag. Es wird aber auch jedem Winde in die Zähne fahren und in keinem Sturme schwanken, denn vermöge seiner Größe soll es die höchsten Wellenberge durchschneiden, immer gerade ausgehen und somit bei unruhiger See eine eben so sanfte Fahrt gewähren als beim schönsten Wetter. Uebrigens hat man erst jetzt sich wegen der Wellenberge näher erkundigt und erfahren, daß sie eigentlich nur in der Einbildung existiren. Die höchsten Meereswogen sollen etwa 5—7 Meter hoch sein.

An Passagieren kann das Schiff, ohne die Bemannung, 12,000 beherbergen. Es wird gleichzeitig durch Räder und eine Schraube getrieben. Erstere haben einen Durchmesser von 17 Meter, so daß in jedem ein Kunstreiter bequem seinen Cirkus aufschlagen könnte. Fünf Maschinen von 11,500 Pferdekraft setzen die Räder und die Schraube in Bewegung, die ein Kapitalstück von 1200 Centner Gewicht ist; außerdem sind noch 6500 □ Yards Segel vorhanden. Das Schiff nimmt gleich auf einmal so viel Kohlen ein, als es für die Reise nach dem Osten und zurück bedürfen würde, also für 60—70 Tage, denn länger sollte die ganze Hin- und Rückreise zwischen England einerseits und Indien oder Australien andererseits nicht dauern.

Als dieses Meerungeheuer am 3. November 1857 vom Stapel gelassen werden sollte, zerrissen die Ketten, und die stärksten Maschinen bewiesen sich zur Bewegung des Kolosses unwirksam. Man mußte neue und stärkere konstruiren, hydraulische Pressen und Dampfböcke drängten von hinten, 8 Barkschiffe zogen mit den riesigsten Flaschenzügen, welche jemals konstruirt wurden, davor, und gleichwol konnte man auf der 95 Meter langen, schräg geneigten Bahn das Riesenschiff Tag für Tag, oft unter Zuhülfenahme der Nacht, nur einen Meter, oft selbst nur einige Centimeter vorwärts bringen, bis endlich am 9. Dezember 1857 die rauschende und schäumende Hochflut der Themse den Riesenbauch des Leviathan umspülte, jedoch ohne ihn selbst im Geringsten zu rühren. Doch war das Schwerste gethan, und einige Wochen später, nach vierteljähriger Arbeit, nahm ihn die Themse auf ihren wuchtigen Rücken. Allein ihn vom Stapel zu lassen

hatte über 100,000 Pfd. Sterling gekostet, die Erbauung des Schiffes aber bereits über 1,200,000 Pfd., ehe es noch ausgebaut wurde. Die Aktiengesellschaft, welche den Bau unternommen hatte, löste sich auf und verkaufte es an eine andere Gesellschaft, welche es vollendet hat. Am 8. August 1859 feierte man ein Fest auf dem ziemlich fertigen Schiffe, bei welchem mehr als 600 Gäste zugegen waren. Die Kessel wurden zum ersten Male geheizt, um den Gästen das Spiel der ungeheuren Schaufelräder und der riesigen Schraube zu zeigen und alle waren überzeugt, daß das Schiff in der Stunde 20 englische Meilen (mehr als 4 deutsche) zurücklegen, also mit der Schnelligkeit unserer Dampfwagen sich bewegen und die Reise von England nach Amerika in ungefähr 4 bis 5 Tagen zurücklegen werde, was freilich nicht so ganz eingetroffen ist. —



Schiffsmaschine nach Watt's System.

Die schwimmende „Eisenstadt" hat ihre besondere Gasanstalt; außerdem werden die Außenwände des Nachts noch durch elektrisches Licht erleuchtet, so daß es wie ein ungeheures leuchtendes Meteor auf dem Meere dahinschießen und in weiter Ferne ringsum gesehen und — gemieden werden kann. Seine Eisenmasse ist so gewaltig, daß es jedes Kriegsschiff in den Grund zu bohren vermag. Endlich am 7. September 1859 ist das Riesenschiff die Themse hinab gefahren und am 8. September glücklich im offenen Meere angelangt.

Dies Riesenschiff war eine verfehlte Spekulation, die ihren Aktionären schwere Kopfschmerzen bereitet. Es hatte keine feste Anstellung gefunden, wol mit deshalb, weil sich nie volle Ladung für dasselbe zusammenfinden wollte. Auch beansprucht es nicht selten kostspielige Reparaturen. Seine bisherigen

Beschäftigungen sind Extra-Arbeiten, so namentlich 1866 seine Mitwirkung beim Legen des Telegraphenkabels nach Amerika und jüngst das nämliche Geschäft im indisch-chinesischen Meer. Bei Gelegenheit der großen Pariser Industrie-Ausstellung stellte es sich als Vermittler des erwarteten großen Zuflusses von Besuchern aus Amerika zur Disposition, machte aber auch hierbei schlechte Geschäfte und stellte bald seine Fahrten wieder ein.

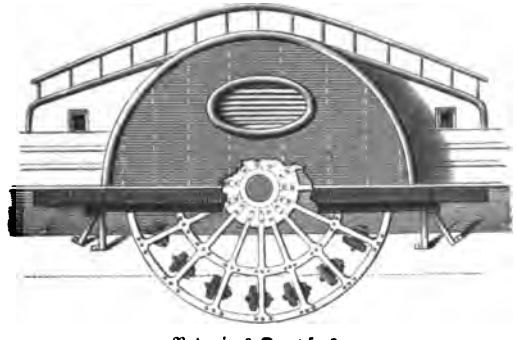
Der Great Eastern bildet den einzigen Fall, wo die zweierlei Fortschreitungsorgane der Dampfschiffe, Schaufelräder und Schraube, vereint wirken, während sie sonst nur getrennt vorkommen; außerdem führen die Seedampfer, zumal die Schraubenschiffe, immer auch noch Masten und Segel, um in günstigen Fällen auch die Windkraft mit benutzen zu können. Zuerst wurden nur Räderschiffe gebaut und als Triebwerk die Watt'sche Maschine benutzt. Sie mußte aber zu diesem Zwecke in den Theilen, welche die Bewegung auf die Radwelle übertragen, entsprechend umgeändert werden. Es ist also, wie die Figur zeigt, der hoch aufragende Ständer mit dem Balancier beseitigt und letzterer zu unterst der Maschine verlegt und zwar doppelt, auf jeder Seite der Maschine einmal vorhanden. Die Kolbenstange trägt auf dem Kopfe ein Querstück, von dessen Enden Verbindungsstangen nach unten zu den Balanciers gehen. Die andern Enden der letztern sind wieder durch ein Querstück verbunden, und von der Mitte desselben aus geht nach oben die Lenkstange, welche in den Kropf der Radwelle eingreift und sie in Umdrehung setzt. Der hier angenommene Fall, daß die beiden Räder auf einer und derselben Welle festsitzen, findet aber nicht mehr allgemein, sondern vielmehr nur bei den kleinern Schiffen für Fluß- und Kanalfahrten statt; alle größern, namentlich Seeschiffe, haben für jedes Rad eine besondere Maschine und die Räder können somit verschiedene Geschwindigkeiten mitgetheilt erhalten und selbst in entgegengesetzten Richtungen umgetrieben werden. Das erstere und noch viel rascher das zweite Manöver bewirkt eine Wendung des Schiffes, und dieses erhält also durch die Unabhängigkeit der Räder von einander eine viel bessere Lenksamkeit, als man solche durch das Steuerruder erreichen kann, welches Wendungen nur sehr allmählich in großen Bogen zuläßt, weil zwei verbundene Räder immer nur geradeaus laufen wollen.

Die Watt'sche Niederdruckmaschine findet sich, wie gesagt, nicht häufig mehr in Anwendung und dann nur noch auf Flußdampfern. Die Seedampfer haben Hochdruckmaschinen, welche weniger Raum einnehmen, und sind in der Anordnung ihrer Theile ziemlich verschieden. Außer den erwähnten oscillirenden Maschinen kommen bei Schraubenschiffen häufig solche zur Anwendung, wie weiter hin bei Besprechung dieser Art Schiffe bildlich gezeigt ist.

Die Räder der Dampfschiffe sind aus Eisen konstruirt und mit angeschraubten Schaufeln von hartem Holze versehen. Diese sind in solcher Anzahl auf dem Umfange vertheilt, daß ihrer immer drei im Wasser gehen. Sie sollen auch nicht tiefer in dasselbe tauchen als sie selbst hoch sind; beides aber kann begreiflich nur vorkommen bei ebenem Wasserspiegel; geht die See mit Sturm und hohen Wogen, so daß das Schiff wie eine Wiege schwankt, so hat der Räderdampfer seine Räder abwechselnd unter Wasser und in der Luft, und das giebt

natürlich ein sehr schlechtes Fortkommen. Darum werden auch die Räderschiffe von der See immer mehr zurückgezogen und durch Schraubenschiffe ersetzt. Was etwa noch von Räderschiffen auf der See geht, sind nur solche, die man vollends ausnutzen will, weil sie einmal da sind, und dann kann es mitunter wohl kommen, daß ein solcher Amerikafahrer einmal vorzüglich ruhiges Reisewetter hat und eben deswegen in der Schnelligkeit der Ueberfahrt alle Schraubenschiffe aussticht. Die Gebiete aber, aus welchen die Räderdampfer nicht zu vertreiben sind, sind seichte Flüsse, Seen und Küstengewässer, weil sie sehr flach im Wasser gehen, wogegen der Apparat der Schraube viel tieferes Wasser verlangt.

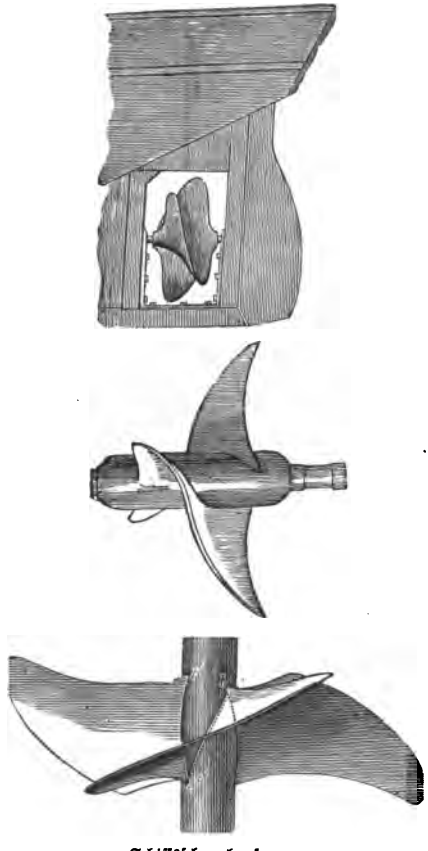
Die archimedische Schraube oder Wasserschnecke war schon bei den allerersten Versuchen im Dampfschiffbau mit in Betracht gezogen, aber bald wieder aufgegeben zu Gunsten der Schaufelräder, weil man an den Modellen nur winzig kleine Wirkungen von ihr erhalten konnte. Erst nach und nach lernte man einsehen, daß durch große Geschwindigkeit der Umdrehungen doch mehr zu erreichen sei. Die Schraube windet sich im Wasser fort wie der Nagelbohrer im Holz; nur besteht dabei der große Unterschied, daß Wasser kein Holz ist, sondern als beweglicher Körper dem Drucke ausweicht, also bei einmaligem Umgange der Schraube lange nicht so viel Fortrückung erreicht wird, als die sogenannte Höhe der Schraube, d. h. der Abstand von einem Gewinde zum andern, austrägt. Etwas Fortgang wird indeß doch erreicht und das ungewöhnlich rasche Umlaufen der Schraube hat dann zur Folge, daß aus den vielen kleinen Wirkungen doch eine ansehnliche Gesammtwirkung sich aufsummirt. Es drehen sich daher die Schiffsschrauben nach Umständen 100, 150 bis 180 mal in der Minute. An der Form der Schraube ist sehr viel geändert und gebessert worden, und es giebt ihrer eine große Auswahl. Wir wollen hiervon nur drei bildlich vorführen. Daß mit der Anzahl der Gänge an der Schraube die Wirkung sich nicht steigern läßt, wurde bald eingesehen. Die Schraube kann sich nur mit ihrer hintersten Fläche, welche am freien Wasser steht, von diesem abstoßen, und deshalb gab man ihr auch nur einen ganz kurzen Bau, in welchem nicht viel mehr als ein voller Gang nachzuweisen ist. Ueberhaupt ist die reine Schraubenform Nebensache, denn es kommt ja nur darauf an, daß das Instrument mit schiefen Flächen gegen das Wasser arbeitet. Dagegen steigert sich die Kraft, wie mit der Umlaufgeschwindigkeit, so auch mit der Größe der schiefen Flächen; je größer das Schiff, desto größer der Durchmesser der Schraube, $1\frac{1}{2}$, 3, 5 Meter und mehr. Ein Schraubendampfer sieht demgemäß einem gewöhnlichen Segelschiffe viel



Rad eines Dampfers.

ähnlicher als ein Raddampfer, denn es fehlen ihm die breiten Ausbaue zu beiden Seiten, und sein Triebwerk liegt am Hintertheil unsichtbar im Wasser. Die Schraube peitscht zwar das Wasser nicht, wie die Räder es thun, quirlt es aber doch ganz gehörig und das Schiff läßt einen starken Wasserschwall hinter sich.

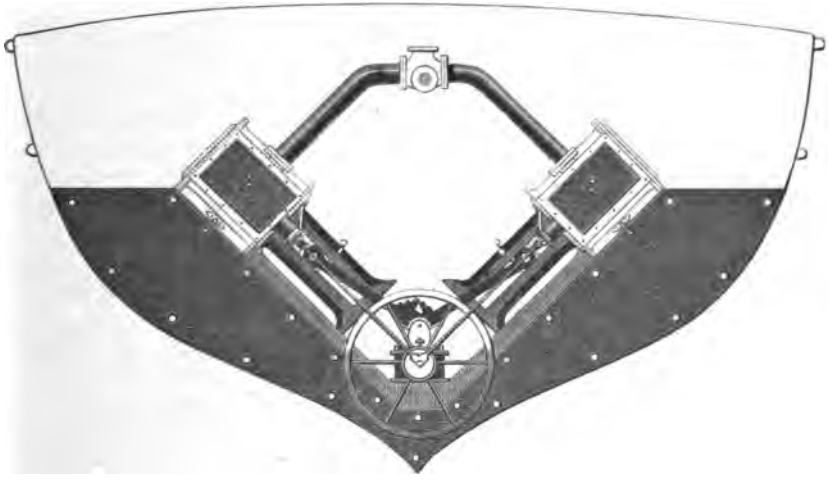
Beim Schraubenschiff handelt es sich eben auch nur um die Umdrehung einer Welle, aber dieselbe liegt in der Tiefe des Schiffs und begreiflicher Weise der Länge nach und zwar in mehreren Lagern oder Naben; ihr hinteres Ende geht wasserdicht durch die Schiffswand und trägt außerhalb die Schraube. Mehr nach hinten vor der Schraube ist dann das Steuerruder angesetzt. Die Schraube kann wie gesagt die Wirkung der Räder nur ersetzen, wenn sie sich bedeutend rasch dreht; ihre Welle muß sich demnach 3—5 mal öfter drehen als die eines gleich kräftigen Raddampfers, und dem entsprechend müssen auch die Maschinen eingerichtet sein, also ein rasches Kolbenspiel mit sehr kurzem Gange haben. Wir wollen von den verschiedenen Schiffsmaschinen eine der gewöhnlichsten hier zur Anschauung bringen; es ist, genau besehen, eine gedrängtere Anwendung des Dampfwagenmechanismus. Auch bei den übrigen Konstruktionen wird gewöhnlich die Welle von beiden Seiten her angegriffen. Wir haben hier also zwei Cylinder in geneigter Lage, die von einem Kessel gespeist werden, daher sich das Hauptdampfrohr in zwei Zweige theilt. Zu oberst in den viereckigen Gehäusen liegen die Cylinder; die tiefern Partien sind die Coulissen für die Kolbenstangen; dann folgen die Lenkstangen, welche abwechselnd auf die doppelte Kröpfung der Schraubenwelle wirken, wie uns dies Alles schon früher vorgekommen ist. Für den ruhigern Gang der Welle ist durch ein darauf sitzendes Schwungrad gesorgt.



Schiffsschraubenformen.

Das Räderschiff kann wegen der sonst eintretenden starken Schwankungen keine gehörig hohen Masten führen und also auch von Segeln keinen wirksamen Gebrauch machen, wenn auch in der Praxis meist etwas Segel aufgespannt werden.

Das Schraubenschiff, das vermöge seiner tief liegenden Maschinerie sicherer und standhafter im Wasser geht, kann dagegen volle Bemastung und Betakelung tragen und also von günstigen Winden, unter Ersparung von Kohlen, bestens Gebrauch machen. Es hat also zwei sich ablösende Triebkräfte zur Verfügung. Schiffe, die darauf eingerichtet sind, heißen gemischte; sie gebrauchen die Schraube nur bei Windstillen und Gegenwind, so wie beim Laviren, und lassen sie bei günstigem Winde ruhen. Da aber das bewegungslose Stück beim Schleppen im Wasser den Lauf des Schiffes selbst wieder erschweren würde, so hebt man sie bei solchen Gelegenheiten über die Wasserfläche empor. Das beistehende Durchschnittsbild eines Schiffshintertheils giebt hierüber nähern Aufschluß.



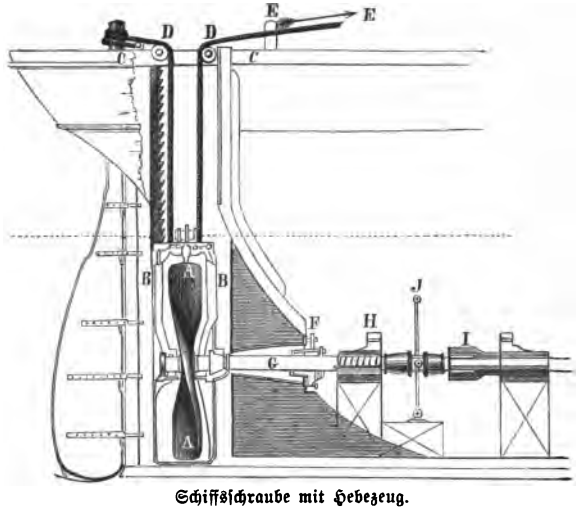
Schraubenschiffmaschine.

Ueber der Schraube befindet sich der sogenannte Brunnen, eine Art Schlot, der auf dem Verdeck mündet und durch welchen man von oben das Spiel der Schraube jederzeit beobachten kann (S. 84). Sie steht zunächst in einem starken geschlossenen Rahmen BB, der in Führungen aufwärts bewegt werden kann. Eine Kette DD geht von links herab, unten um eine Rolle und rechts wieder nach oben. Soll nun die Schraube über Wasser gebracht werden, so wird die verschiebbare Fortsetzung der Triebwelle G außer Eingriff mit ihr gerückt und dann das Ende E der Kette mit einer Winde angezogen; es hebt sich nun der Rahmen sammt der Schraube.

Rückt man die Schraube blos aus, ohne sie zu heben, so dreht sie sich durch den Fortgang des Schiffes allein und leistet dann nicht viel Widerstand.

Die Schiffsmaschinen können ebenfalls umgesteuert und dadurch die Schiffe rücklaufend gemacht werden. Die Schrauben sind Gußstücke aus Eisen oder Bronze resp. Messing, und können im letztern Falle dünner und leichter gemacht werden, in welcher Eigenschaft sie zweckmäßiger sind.

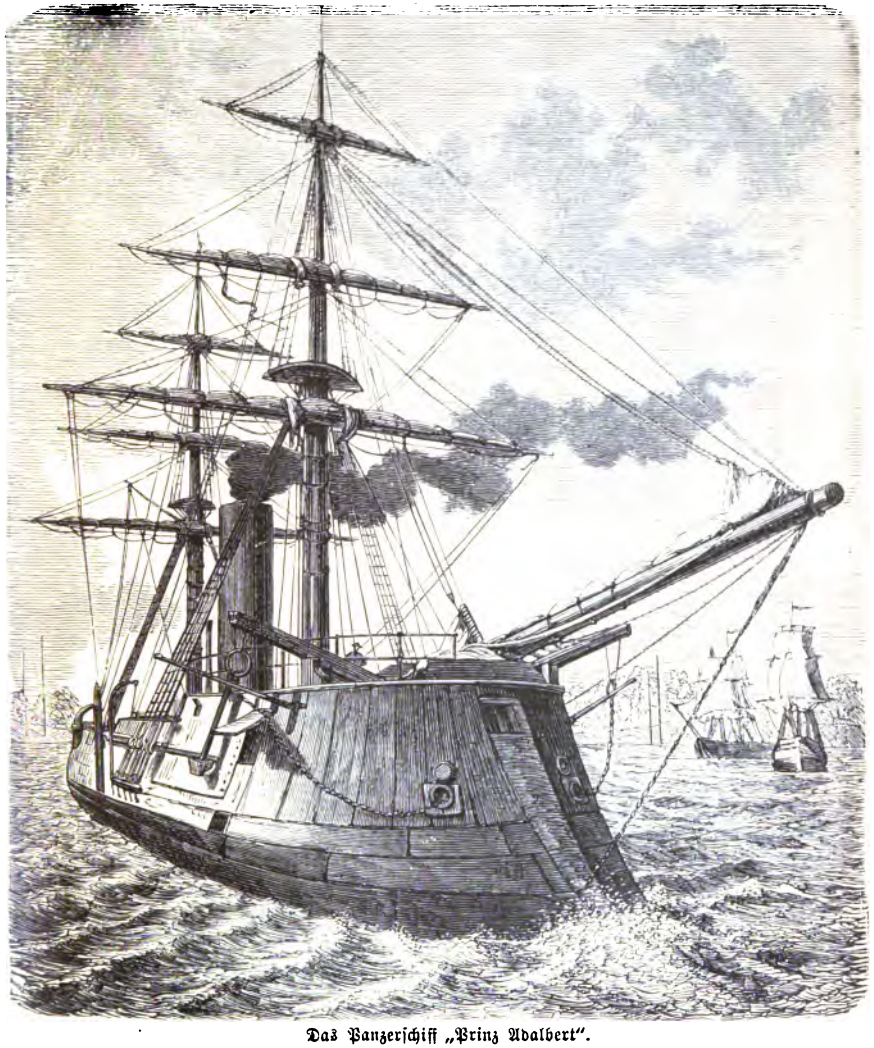
Bei den Kriegsschiffen war die Schraube hoch willkommen und fand die rascheste Aufnahme, denn ein Raddampfer als Kriegsschiff war erstlich ein sehr hülfloses Ding, da sein treibender Mechanismus immer zu allererst durch feindliche Kugeln der Zerstörung ausgesetzt war, und zweitens nahmen die Räder die besten Plätze weg, wo außerdem Kanonen stehen mußten. Ueberdies riß ja nun bald die Mode ein, den Kriegsschiffen eiserne Küräſſe zu geben, und die Räderkasten genugsam zu panzern, würde doch ein aussichtsloses Unternehmen gewesen sein. Die Schraube dagegen ist schon durch ihre Lage 2—3 Meter unter Wasser fast gänzlich vor Geschossen sicher; freilich hat sie andere, unscheinbare Feinde, die ihr aber gleichwol den Untergang zu bringen vermögen, nämlich Seegewächse, mit denen sie sich umstrickt und die sie zum Stillstand und Bruch bringen können.



Schiffsschraube mit Hebezeug.

Das gepanzerte Schraubenschiff also ist das Wasserschlachtroß, mit welchem die Seekämpfe der Zukunft hauptsächlich ausgefochten werden sollen. Ungeheure Anstrengungen sind in dem letzten Jahrzehnt gemacht worden, diese Kolosse angriffs- und widerstandsfähiger zu machen, die Kraft ihrer Maschinen zu verstärken, ihre Geschütze und Geschosse schwerer, ihre Panzer dicker zu machen ꝛc. Die äußere Gestalt der heutigen Kriegsschiffe sticht meist eben so sehr von den alten hölzernen Kriegsschiffen ab wie die innere Einrichtung. Die Fregatten, Korvetten u. a. sind gewöhnlich niedrig und schlank und führen nur eine Geschützreihe; höher aufragende Panzerschiffe mit zwei Geschützreihen über einander giebt es indeß auch und sie scheinen zumal in England wieder mehr in Gunst zu kommen. Andere Umrisse zeigen die eigentlichen Widderschiffe, die nur wenige sehr schwere Geschütze führen und außerdem sehr auf den Stoß berechnet sind, so nämlich, daß sie selbst mit voller Kraft auf ein Feindesschiff anrennen und demselben durch eine mächtige Spitze (Sporn) oder scharfe Kante eine tödtliche Wunde unter Wasser beibringen sollen. Dieses Aufrennen gegen einander war schon im Alterthum ein beliebtes Manöver, als die Flotten des Mittelmeeres noch hölzerne von Menschenarmen geruderte Galeeren waren. Jetzt soll Eisen gesprengt werden, und hierzu macht man die Stoßwaffe von Stahl oder Bronze. Das beistehende Bild des Schiffes „Prinz Adalbert“ giebt ein Beispiel von dem

Weſen und Anſehn ſolcher Widderſchiffe. Daſſelbe iſt 58 Meter lang und 9 Meter breit und hat eine Maſchine von 300 Pferdekraft. Der ſtählerne Sporn ragt unterm Waſſer noch ein gut Stück weiter fort.



Das Panzerſchiff „Prinz Adalbert".

Das zuletzt angeſchaffte größte Stück der preußiſchen Marine, der „König Wilhelm", zeigt abgeſehen von viel bedeutenderer Größe, ganz dieſelbe Bauart. — Aus dem großen innern Kriege der Nordamerikaner ging eine neue Form

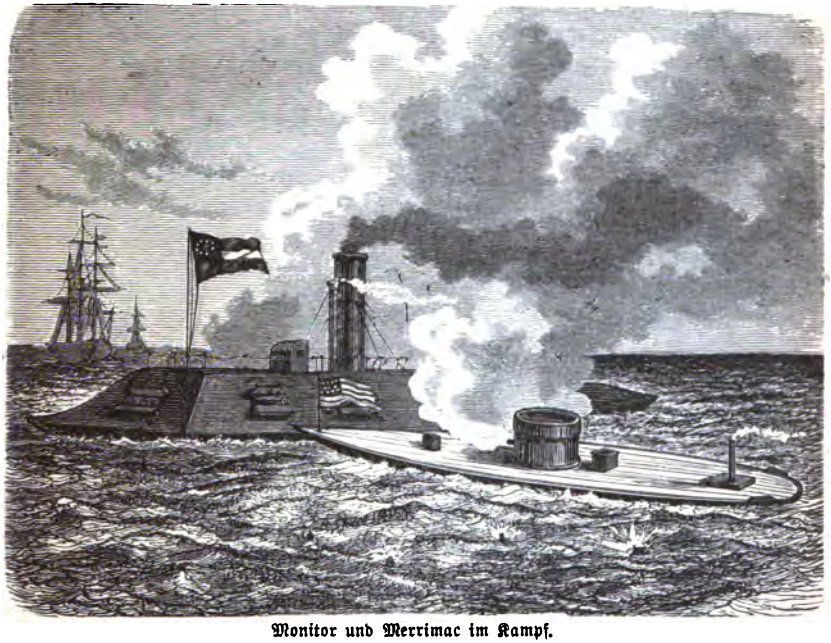
gepanzerter Kriegsschiffe hervor, die Thurmschiffe oder Monitors, eine Idee des auch durch andre Leistungen bekannten schwedischen Technikers Ericsson. Sie haben einen oder auch zwei eiserne drehbare Thürme, in welchen sich nur wenige, aber um so stärkere Geschütze befinden. Der Unterbau ist sehr niedrig, alles natürlich dicht gepanzert. Das erste von Ericsson gelieferte Thurmschiff gab seine Empfehlung unter folgenden Umständen ab: Zwei Fregatten, drei Dampfer und eine Escadre kleinerer Fahrzeuge der Nordstaaten befanden sich zum Schutze von Monroe unfern dieser Bundesfeste auf der Rhede vor den Hampton-Roads. Plötzlich ertönt der Alarmschuß von der Wache, und vom Deck des „Cumberland" sieht man eine Flotille der Rebellen nahen, in ihrer Mitte ein seltsames Fahrzeug mit schrägem Dach und langem stählernen Widder. Der „Cumberland" feuert, doch die dunkle Eisenmasse regt sich nicht. Alle Kugeln prallen von ihr ab, — plötzlich aber donnert ein Schuß und fegt sechs Leute vom Deck des „Cumberland"; dann steuert der „Merrimac" — so heißt das Widderschiff — gegen die übermächtig erscheinende Fregatte und bringt ihr einen furchtbaren Stoß bei. Hierauf weicht das Ungethüm von Eisen langsam zurück, geht dann wieder vor und stößt von Neuem zu. Jedes Mal trägt der „Cumberland" ein Loch davon. Der „Merrimac" fährt fort zu feuern. Schrecklich zeigt sich die Wirkung für das arme Holzschiff. Die Unionsfregatte sinkt. Jetzt steuert der „Merrimac" gegen den „Kongreß" los und zwingt ihn, sich zu ergeben; auch die Fregatte „Minnesota" erhält den Todesstoß. Nun erst zieht sich das Eisenschiff zurück.

Gleiches Schicksal bedroht den Rest der Flotte am andern Tage. Da naht in dunkler Nacht der Erretter vom Untergang. Bei den Unionisten ist von New-York gleichfalls ein eigenthümliches Schiff eingetroffen. Es erscheint wie ein eisernes Floß und gleicht einem kolossalen breitkrämpigen Hute. Auf dem Fahrzeuge ist nichts bemerkbar, als der bewegliche, sich um sich selbst drehende Thurm mit nur zwei Geschützen, die jedoch 184pfündige Schüsse abfeuern. Beim Flammenschein des brennenden „Kongreß" legt der „Monitor" sich vor Anker. Der „Merrimac" bemerkt anfänglich den neuen Gegner nicht. Als er sich jedoch aufmacht, der „Minnesota", die gestrandet, den Rest zu geben, gelingt es dem unscheinbaren Floß, in seinen Rücken zu kommen.

Der „Merrimac" beachtet es nicht, bis ein Schuß im Gewichte von beinahe zwei Centnern seinen Bau bis zum untersten Kiel erschüttert. Entschlossen legen sich nun die zwei eisernen Ungethüme einander gegenüber, aber sie scheinen beide unverwundbar. Der „Merrimac" will noch einmal gegen die „Minnesota" anlaufen, doch der „Monitor" versperrt ihm den Weg. Letzterer empfängt von seinem Gegner mehrere harte Stöße, der Widder gleitet indessen an den glatten Wänden des „Monitor" ab und der „Merrimac", nachdem er sich vergeblich bemüht, den Gegner zu entern, erhält eine schwere Verletzung unter der Wasserlinie und er flieht, nachdem der Kampf fünf Stunden gedauert hatte. Nach dieser Probe gelangten die Thurmschiffe überall zu Ansehn und vermehrten sich rasch.

In der Alten Welt ist der Angelegenheit der Panzerschiffe, sowie auch deren erfolgreicher Bekämpfung die eingehendste Sorgfalt von den Engländern zugewendet worden. England strebte nicht allein dahin, die stärksten Panzer bei

Kriegsschiffen anzuwenden, sondern auch Geschütze zu konstruiren, die den stärksten Panzer feindlicher Schiffe zu durchbohren vermöchten. Es bekamen daher die englischen Geschützverbesserer vollauf Arbeit. Armstrong, Whitworth, Blakeley ꝛc. sind Namen, die in weitesten Kreisen bekannt sind. Schon 1862 hatte Ersterer ein neues gezogenes Riesengeschütz fertig, das 300pfündige Langgeschosse zu schleudern bestimmt war. Noch ehe dasselbe seine Züge erhalten, probirte man es mit einer runden 156pfündigen Kugel bei 50 Pfund Pulverladung, und der Schuß durchbohrte eine Eisenwand, die analog den Wänden eines Panzerschiffes aus $4\,^1/_2$ zöll. Eisen mit Holzfutter konstruirt war.



Monitor und Merrimac im Kampf.

Seitdem kämpfen Panzer und Kanonen miteinander. Beider Dimensionen sind stetig gewachsen; alle seefahrenden Länder sind in den Kampf mit hinein gerissen worden, aber noch ist keine Grenze, kein Ziel erreicht. Man baut Schiffe mit ca. $18\,^3/_5$ Centim. starkem und noch stärkerem Panzer aus bestem gewalzten Eisen, das auf einer $23\,^2/_5$ Centim. starken oder noch stärkeren Holzfütterung ruht. Dagegen konstruirt man Kanonen, die Panzerung und Holzfütterung glatt durchschlagen. Fast könnte man annehmen, daß es in dieser Beziehung keine Grenze geben wird; macht man die Panzer noch so stark, die Kanonen bleiben nimmer zurück und darum ist es noch am wahrscheinlichsten, daß sie zuletzt den Sieg davon tragen werden. Von welch' gewaltiger Wirkung sind die Krupp'schen Ringkanonen! Sie durchschlagen den stärksten Panzer glatt, und trotzdem kann ihre Kraftäußerung jedenfalls immer noch mehr gesteigert werden.

Außer den Thurmschiffen hat man auch die gepanzerten schwimmenden Batterien namentlich in Nordamerika in einer Größe hergestellt, daß sie mit ihren abgeschrägten Außenseiten und Kanonenluken sich wie kleine Festungswerke ausnehmen. Alle diese großen Seestücke brauchen natürlich gewaltig viel Kraft und müssen ungeheure Kohlenvorräthe mit sich führen, wenn sie wirklich in Dienst kommen. Die Maschinen und Kessel sind auch von entsprechender Riesenhaftigkeit; geht doch die Anzahl der ihnen beigelegten Pferdekräfte niemals viel unter 1000, ja erhebt sich in einzelnen Fällen auf 2000. Die Maschinen sind doppelt oder mehrfach vorhanden; manche dieser Meerungeheuer haben auch zwei Schrauben, nicht sowol zur Vermehrung der Kraft als der Beweglichkeit, denn läßt man die eine Schraube vor-, die andere rückwärts gehen, so dreht sich der Koloß auf der Stelle. Bei großen Thurmschiffen und schwimmenden Festungen hat der Dampf nicht nur eine, sondern mehrere schwere Arbeiten zu verrichten, nicht blos Schraubendrehen, sondern auf Kommando auch das Thurmdrehen, das Heben von Ankern und Geschossen zur Ladung, das Treiben von Ventilatoren zur Luftreinigung u. dgl. Da solche Fahrzeuge durch kolossalen Kohlenverbrauch, und wenn in Aktion getreten, durch das Fortschleudern enormer Geschosse sich rasch erleichtern müssen und dann leicht über Gebühr sich heben könnten, so sind sie zur Aufnahme von Wasserballast eingerichtet, d. h. sie haben im Unterraume Kammern, welche man durch Aufziehen von Hähnen mit Wasser füllen kann.

Doch verlassen wir diese auf Krieg und Zerstörung berechneten Anstalten mit dem Wunsche, daß sie so wenig und selten wie immer möglich in Gebrauch kommen mögen, und freuen wir uns vielmehr der Segnungen, welche das Dampfschiff dem friedlichen Völkerverkehre in immer reicherer Fülle bringt. Durch die Dampfschiffahrt werden die Länder der Erde einander gleichsam näher gerückt; die sie trennenden ungeheuern Wasserwüsten mit ihren Stürmen, widrigen Winden und Windstillen werden jetzt mit einer Raschheit und Sicherheit überschritten, wie es noch im vorigen Jahrhundert kein Mensch für möglich gehalten hätte. Die Dampfkraft führt uns jetzt rings um die Erde, und eine Reise um die Welt ist nur noch ein Ausflug. Wo das Dampfschiff an der amerikanischen Küste nicht weiter kann, trägt uns die Lokomotive an die andere Seeseite, rechts auf der großen Pacificbahn oder links über die schmale Landenge von Panama, und dann kann es per Schraube wieder weiter gehen nach Japan, China, Indien, durch das Rothe und Mittelmeer u. s. w. Am großartigsten entwickelt ist der Dampferverkehr natürlich zwischen uns und Amerika. Kein Tag vergeht, an dem nicht Schiffe aus jenem Welttheil in europäische Häfen einliefen, und in jenseitigen Häfen dergleichen von unserer Seite anlangten. Nach Nordamerika kann man jetzt in $6\frac{1}{2}$, wenn es lange währt in $9\frac{1}{2}$ Tagen gelangen. Viele regelmäßige Dampferlinien bestehen jetzt zwischen Europa und Nordamerika, viele andere zwischen hier, Mittel- sowie Südamerika. Dabei ist Deutschland durch die schönen Schiffe der Hamburg-Amerikanischen Dampfschiffahrtsgesellschaft und des Norddeutschen Lloyd in Bremen würdig vertreten, und auch Stettin hat sich mit einer neuen Linie an der Ueberbrückung des Ozeans betheiligt.

Fp. 109.

Tod des Physikers Richmann.

Das Buch der Erfindungen. II. Bd. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Blitzschlag in einen Baum.

Elektrizität, Galvanismus und Elektromagnetismus.

Unkultivirte Menschenstämme, sogenannte Naturvölker, lebten und leben auf der Erde gleichsam als Fremdlinge; sie sehen von dem sie umgebenden Naturleben nur die Außenseite, wissen und ahnen nichts von den darin waltenden Kräften und Gesetzen, von Zusammenhang und Harmonie des großen Ganzen der Natur. Gleichgiltig für die Schönheiten derselben, werden sie nur von den schreckenden und Schaden bringenden Erscheinungen in ihr ergriffen; ihr Naturgefühl ist vor Allem Furcht, und ihe Phantasie bevölkert die Natur mit bösen Dämonen und Gespenstern.

Völker mit höheren geistigen und Gemüths-Anlagen schufen sich Naturreligionen oder Mythologien, indem sie die auffälligsten Naturerscheinungen als

Wirkungen und Aeußerungen bestimmter Gottheiten betrachteten. Mit dieser Anschauung verträgt sich eine wissenschaftliche Naturforschung ebenfalls nicht, denn wer die Sonne als eine Gottheit verehrt, kann ihr nicht mit Fernröhren zu Leibe gehen, und wer in Blitz und Donner die Zornesäußerungen Jupiter's erkennt, für den ist die Frage, was ein Gewitter sei, schon gelöst. Darum waren auch die alten Griechen und Römer, bei all ihrer Bildung in andern Dingen, doch nichts weniger als Naturforscher; es fehlte ihnen alles Interesse für Lösung physikalischer und chemischer Fragen. Die anziehende und abstoßende Kraft geriebenen Bernsteins, die Zugkraft des Magnetsteins dem Eisen gegenüber waren schon Jahrhunderte vor Christo bekannt, ohne daß daraus für die Wissenschaft oder die praktische Anwendung etwas gefolgt wäre. Nur der Name Elektrizität ist dem Alterthum entnommen. Die Griechen nannten den Bernstein Elektron, und sonach bedeutet der daraus von dem Engländer Gilbert gebildete Name so viel wie Bernsteineigenschaft.

Guericke's Elektrisirmaschine.

Das Alterthum hat uns also an physikalischen Kenntnissen so viel wie nichts hinterlassen und alles hierin Erworbene nebst den vielfachen wichtigen Anwendungen für die Praxis gehört der neuern Zeit, etwa seit 1600 an. Tausende von Gelehrten und Technikern des Abendlandes haben durch unermüdliche Forschungen und Versuche zu der Vermehrung des Schatzes von Wissen und Können beigetragen, und die des 19. Jahrhunderts nicht am wenigsten, denn ihnen blieb gerade das Schwierigste zur Bearbeitung vorbehalten. Licht, Wärme, Elektrizität, Magnetismus wurden noch im vorigen Jahrhundert als selbständige Stoffe oder Elemente betrachtet, die aber den andern gegenüber die Eigenheit hatten, sich nicht wägen zu lassen; man nannte sie daher Imponderabilien, gewichtlose Stoffe. Jener Anschauung entstammen auch die noch gebrauchten Ausdrücke elektrisches Fluidum, elektrischer oder galvanischer Strom ꝛc. Heutzutage faßt man diese Dinge anders auf und ist zu der Ueberzeugung gelangt, daß die vermeintlichen gewichtlosen Stoffe gar keine solchen, sondern nur Wirkungen der gewöhnlichen Stoffe sind, die sich unter gewissen Umständen äußern und die man alle auf Vibrationen, d. h. Schwingungen ihrer kleinsten Massentheilchen (Atome) zurückführt. Wie der Ton handgreiflich durch Schwingungen eines tönenden Körpers entsteht, so sind Atomschwingungen auch die Ursache der Wärme, des

Lichts und sehr wahrscheinlich auch der Elektrizität. Zu dieser Annahme in Bezug auf letztere nöthigt schon der enge Zusammenhang oder die nahe Verwandtschaft, in der alle diese Erscheinungen oder Kräfte zu einander stehen, so daß sie wie Zweige eines Stammes oder Variationen einer und derselben Grundkraft sich verhalten. Daher denn auch die leichte Thunlichkeit, das Eine durch das Andere hervor zu rufen oder Eins ins Andere zu verwandeln. Elektrizität erzeugt Wärme, Licht und Magnetismus; der letztere und die Wärme bringen umgekehrt jedes für sich wieder Elektrizität hervor.

Die Elektrizität ist eine ebenso allgemeine Erscheinung wie Licht und Wärme; aber während die Lehre von diesen beiden schon zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, bildet die erstere immer noch ein kaum halb gelöstes Räthsel und wir können daher auch die Kunstausdrücke der alten Elektrizitätslehre noch nicht mit bessern vertauschen. Anfangs kannte man blos die durch Reiben entwickelte Elektrizität, jetzt wissen wir, daß dieselbe noch in mancher andern Weise, durch Erwärmung, durch chemische Thätigkeit, magnetischen Einfluß, durch bloße Berührung verschiedenartiger Körper, durch Verdunstung sowie durch Verdichtung von Dünsten, durch Zerreißen und Zerbrechen von Körpern hervorgerufen wird. Ueberhaupt läßt sich behaupten, daß jede Aenderung oder Störung, welche ein Körper in der Anordnung seiner kleinsten Theile erleidet, sei die Veranlassung Hitze, mechanische Kraft, chemische Wirkung oder irgend eine andre, stets das Auftreten von Elektrizität zur Folge hat. Im Thier- und Pflanzenleben spielt dieselbe wahrscheinlich eine wichtige Rolle, über die wir aber noch ganz im Unklaren sind. Bei jeder Muskelanspannung, die wir vornehmen, wird Elektrizität rege, wie sich durch geeignete Instrumente deutlich nachweisen läßt. Von den elektrischen Vorgängen im Luftkreise, welche nie ganz fehlen und im Gewitter ihren stärksten Ausdruck finden, wird später noch die Rede sein.

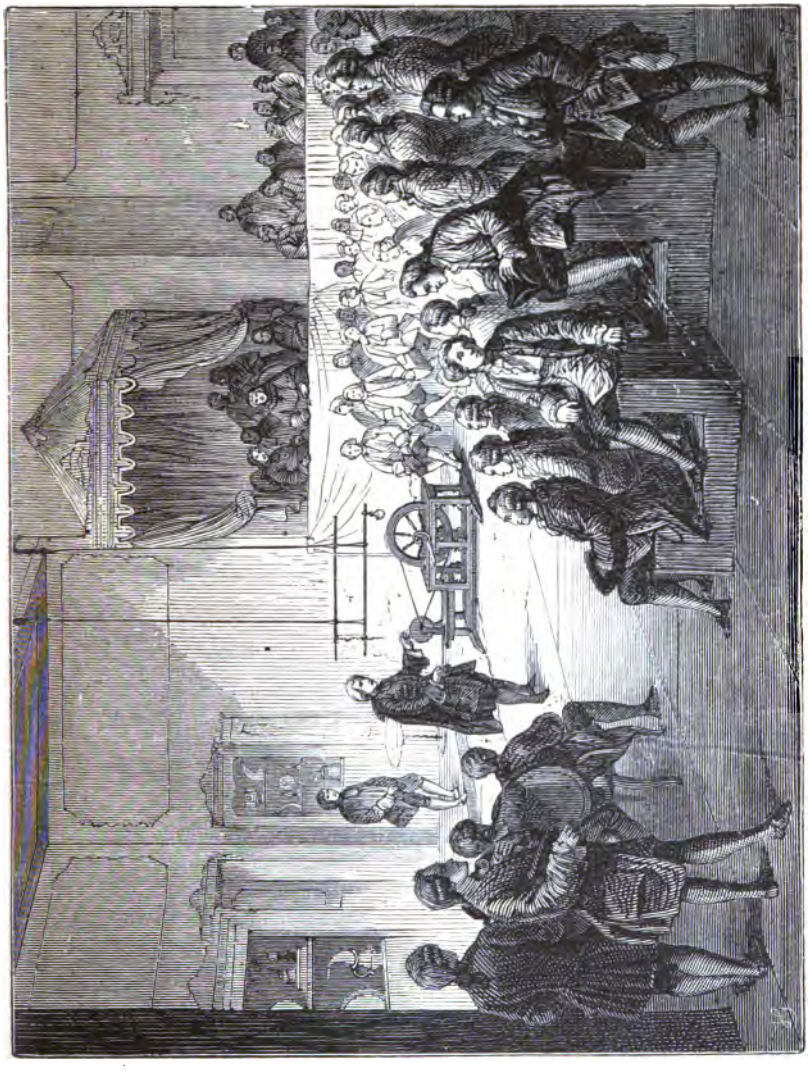
Anziehende Kraft der Elektrizität.

Erst gegen Anfang des 17. Jahrhunderts begann man sich mit Untersuchungen über die Bernsteinkraft zu beschäftigen. Der englische Arzt Gilbert entdeckte, daß außer dem Bernstein auch noch andere Körper durch Reiben mit Seide, Wolle u. dgl. in den Zustand versetzt werden können, daß sie leichte Körper anziehen und nach einer Weile wieder von sich stoßen. Als solche erwiesen sich zunächst Bergkrystall, Glas, Schwefel, Siegellack u. s. w. Gilbert gab aber schon ein viel längeres Verzeichniß.

Im Jahre 1680 konstruirte der Magdeburger Bürgermeister Otto v. Guericke, derselbe, der die Luftpumpe erfand, die erste sehr einfache Elektrisirmaschine; es war eine Schwefelkugel, auf eine Welle gesteckt und durch eine Laufschnur gedreht, indeß die trocknen Hände als Reiber gegen die Kugel gedrückt wurden. Eine an Seidenfäden aufgehangene Metallstange nahm die entwickelte Elektrizität auf.

In der Folge ersetzte man die Schwefelkugel durch einen Glascylinder oder eine Glaskugel, was eine stärkere Entwicklung von Elektrizität ermöglichte, und durch weitere Verbesserungen gewann die Elektrisirmaschine schrittweise ihre heutige Gestalt. Der elektrische Grundversuch ist leicht anzustellen und Millionen Mal selbst von Kindern angestellt worden; aber er hätte auch ein Kinderspiel bleiben müssen, wenn die Forschungen nicht weiter fortgeschritten wären. Reibt man eine Stange Siegellack oder Glas etwas anhaltend mit einem Stück Wollen- oder Seidenzeug und hält sie dann über kleine Papierschnitzel, Spreu, Korkkügelchen oder dergl., so werden letztere mit Lebhaftigkeit aufspringen und sich an die Stange anhängen. Nach einiger Zeit aber trennen sie sich wieder davon oder werden vielmehr förmlich fortgestoßen. Diese Thatsache blieb aber in der ersten Zeit völlig unerklärt, ja die ganze Sache wurde noch räthselhafter, nachdem, zuerst durch den Engländer Wall 1708, der elektrische Funke bemerkt worden war, welcher von einer geriebenen Glas- oder Harzstange auf den nahe gehaltenen Knöchel unter einem leisen Knistern überspringt und ein stechendes Gefühl im Finger erregt. Erst 1727 wurde ein weiterer und großer Schritt vorwärts gethan durch den Engländer Gray. Bis dahin hatte man die Stoffe in zwei Gruppen getheilt, solche, die sich elektrisiren ließen, und solche, bei denen es trotz alles Reibens nicht gelingen wollte. Zu den letzten gehörten namentlich die Metalle, denn in der That wird eine Metallstange, wenn sie in der Hand gehalten wird, durch noch so vieles Reiben niemals elektrisch. Als aber Gray einmal einen Metallstab rieb, den er mittels eines hölzernen Griffes fest hielt, gelang das Elektrisiren ganz leicht. Hiermit war also der Anstoß gegeben, die Versuche von einem neuen Gesichtspunkte aus zu wiederholen und weiter zu führen. Man erfuhr nun, daß zwar alle Körper elektrisirt werden können, aber daß die bisher für dessen unfähig gehaltenen dabei doch ein anderes Verhalten zeigen; sie lassen nämlich alle ihre Elekrizität mit einem Mal fahren, sobald sie an einem Punkte berührt werden, nehmen aber auch dieselbe sehr leicht auf und verbreiten sie augenblicklich über ihre ganze Oberfläche. Ein Metalldraht mag noch so lang sein, er wird, wenn ihm an einem Ende Elektrizität mitgetheilt wird, im Nu bis ans andre elektrisch erregt. Durch solche Erscheinungen kam man darauf, sich die Elektrizität als ein feines gasähnliches Wesen (Fluidum) zu denken, welches die Körper durchströme. Die Stoffe, in denen die Elektrizität sich derartig verhält, hat man Leiter genannt; es sind dies die Metalle, Kohle, Wasser und alle von Feuchtigkeit durchdrungene Körper, also auch lebende Geschöpfe und Pflanzen, so wie der Erdboden. Diesen gegenüber stehen die Nichtleiter oder Isolatoren, Glas, harzige Körper, Schwefel, Seide, Wolle, trockne Pflanzenstoffe, trockne Luft ꝛc. Diese lassen sich nicht von einem Berührungspunkte aus elektrisiren, halten dagegen aber die ihnen durch Reibung ertheilte Elektrizität in der Art fest, daß sie diese immer nur an der Stelle verlieren, welche direkt berührt wird. Mit einer Glas- oder Harzstange lassen sich daher, bis sie erschöpft ist, mehrere kleine Körper elektrisiren, wenn jedesmal eine andere Berührungsstelle genommen wird. Aus diesem verschiedenen Verhalten der Leiter und Nichtleiter erklärt sich leicht, warum wol eine Harz- uud Glasstange, nicht aber eine Metallstange, die

man in der bloßen Hand hält, durch Reiben elektrisch wird. Die letztere als guter Leiter giebt die Elektrizität sofort an den menschlichen Körper, einen andern guten Leiter, ab, welcher die Verbindung mit der Erde herstellt.



Rollet's Vorlesungen über Elektrizität 1754.

Um in einem guten Leiter die Elektrizität dauernd zu erhalten, dient das nahe liegende Mittel, daß man ihn außer Berührung mit Leitern hält, also durch Nichtleiter tragen läßt. Er heißt dann isolirt. Das Setzen eines solchen Körpers

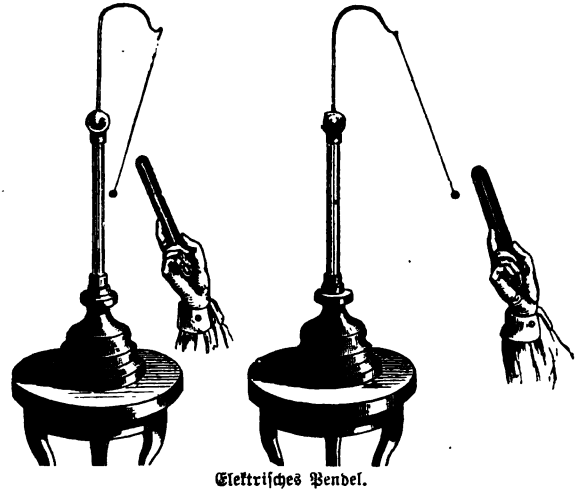
auf gläserne Füße, das Legen auf eine Glasplatte oder Harzschicht, Aufhängen an Seidenfäden, sind die gewöhnlichsten Mittel zum Isoliren. Die Isolirung gelingt aber nur, wenn keine Feuchtigkeit ins Spiel kommt, also auch die umgebende Luft recht trocken ist.

Wenige Jahre nach Gray entdeckte der französische Physiker Dufay neue elektrische Erscheinungen; er fand, daß die Elektrizität sich in ihren Wirkungen verschieden verhalte, je nachdem sie an Glas oder Harz erzeugt wurde, und benutzte zur Nachweisung dessen das sog. elektrische Pendel, ein Kügelchen von Hollundermark an einem seidenen Faden aufgehangen, der von einem gläsernen Ständer herabhängt. Wird eine geriebene Siegellackstange dem Kügelchen genähert, so wird es, wie vorhin die Papierschnitzel, angezogen und nach einer Weile, wenn es sich mit der Harzelektrizität gesättigt hat, wieder abgestoßen. Fernere Berührungen mit dem Siegellack sind nun nicht mehr thunlich; das Kügelchen weicht immer aus; dagegen wird es nun um so heftiger von einer geriebenen Glasstange angezogen. Dieselben Erscheinungen treten auf, wenn erst das Glas und dann das Siegellack ins Spiel gebracht wird. Harz- und Glaselektrizität sind also in ihren Aeußerungen entgegengesetzt; sie bilden gleichsam die Hälften eines Ganzen, und man unterscheidet sie am gewöhnlichsten durch die Bezeichnung positive und negative Elektrizität, jene in unserm Versuche vom Glase, diese vom Harz stammend. Es werden aber diese beiden Elektrizitäten unter allen Umständen zugleich erzeugt. Bei der Reibungselektrizität also werden nicht nur die Stäbe, sondern auch die Reiblappen elektrisch und zwar positiv oder negativ, je nachdem der geriebene Körper negative oder positive Elektrizität angenommen hat. Um dies nachweisen zu können, muß aber auch der reibende Stoff an einem isolirenden Griff befestigt sein.

Man kann den vorstehenden Versuch in einer interessantern, halb komischen Art am lebendigen Menschen machen. Zwei Personen stellen sich jede auf einen Isolirschemel, d. h. ein Bänkchen mit gläsernen Füßen, und die eine peitscht nun den Rücken der andern einige Zeit mit einem Katzenfell oder dergleichen, so werden beide entgegengesetzt elektrisch und verhalten sich nun gegen die Kügelchen des Pendels die eine wie eine Harz-, die andre wie eine Glasstange. Reichen sie sich die bloßen Hände, so verschwindet augenblicklich ihr elektrischer Zustand; sie empfinden im Moment der Berührung einen Ruck in den Händen und damit ist das Experiment aus. Man sagt nun: die zwei Elektrizitäten liegen in den Körpern verbunden und also unwirksam; durch Reiben oder eine andere Erregung werden sie getrennt, streben aber nach Wiedervereinigung auf jedem möglichen Wege und kehren damit in den neutralen, unwirksamen Zustand zurück.

Zwischen einem positiv und einem negativ geladenen Körper besteht daher immer Anziehung, d. h. Streben nach Ausgleichung. Haben dagegen zwei Körper einerlei freie Elektrizität, so findet statt der Anziehung eine Abstoßung statt; daher denn der Satz: ungleichnamige Elektrizitäten ziehen sich an, gleichnamige stoßen sich ab. Eine wirkliche sichtbare Anziehung und Abstoßung kann natürlich nur stattfinden, wenn sehr leichte und leicht bewegliche Körper ins Spiel kommen, Papierschnitzel, Fasern, Hollundermark u. dgl. Solche Dinge folgen

dann den Bewegungen der elektrischen Kräfte eben so, als wenn die gewöhnliche Luft mit ihnen spielte. Berühren wir zwei isolirt neben einander aufgehangene Hollunderkügelchen mit einem und demselben geriebenen Harz- oder Glasstab, elektrisiren sie also gleichnamig, so geben sie ihren gespannten Zustand sogleich dadurch zu erkennen, daß sie von einander abweichen, also gespreizt hängen. Berührt man gleichzeitig jedes Kügelchen mit einem Finger, so stellen sie sich alsbald wieder gerade und sind unelektrisch, da die Elektrizität durch einen guten Leiter entwichen ist. Solche kleine (metallene) Doppelpendel, an einen Sammler angehangen, dienen gewöhnlich als elektrische Anzeiger desselben. Die Anziehung oder Spannung der ungleichnamigen Elektrizität wird nach einem bestimmten Gesetz mit der Annäherung der elektrisirten Körper stärker, mit der Entfernung schwächer; eben so besteht ein Verhältniß der Menge: werden die Elektrizitäten in einer Operation erzeugt und dann wieder verbunden, so geht die Sache Null für Null auf; bringt man dagegen ungleichnamige, unabhängig von einander geladene Elektrizitätsträger mit einander in Verbindung, welche also leicht ein verschiedenes Mengenverhältniß haben können, so erfolgt die Vereinigung oder Neutralisation nur in so weit, daß die eine der Elektrizitäten ganz, und von der andern die dem entsprechende Menge verschwindet,



Elektrisches Pendel.

Das Reiben ist, wie wir schon wissen, nicht die einzige Art der Elektrizitätserregung; es können auch durch bloße Berührung und selbst durch Annäherung die beiden Elektrizitäten getrennt werden. Diese Trennung wird durchweg Vertheilung genannt, und das Reiben ist nur eines der Mittel zur Vertheilung. Alles jetzt zu Sagende bezieht sich nur auf Körper, die gute Leiter sind. Denken wir uns einen solchen isolirt, also z. B. einen der hohlen walzenförmigen Blechkörper auf Glasfüßen, wie sie an der Elektrisirmaschine vorkommen, oder die bei Guericke's Maschine an Seidenfäden aufgehangene Metallbarre, und nähern dem einen Ende einen elektrischen Körper, so werden alsbald die Elektrizitäten in demselben rege und vertheilen sich nach dem Grundsatze, daß gleichnamige Elektrizitäten sich abstoßen, ungleichnamige sich nähern. Ist unter jedem Ende des Leiters ein elektrisches Doppelpendel aufgehangen, so giebt sich der Zustand der Vertheilung sogleich durch die gespreizte Stellung beider zu erkennen. Wird der

erregende Körper wieder entfernt, so kehren die Elektrizitäten des Leiters in ihren gebundenen Zustand zurück, und die Pendel nehmen ihre natürliche Stellung wieder ein. Läßt man dagegen die Einwirkung des Erregers fort bestehen und setzt das Ende des Leiters durch einen Metalldraht mit der Erde in leitende Verbindung, so entweicht die dortige abgestoßene Elektrizität, denn die Erde nimmt Alles, Plus und Minus, willig auf und neutralisirt es. Ist also der Erreger positiv geladen, so verliert der Leiter am andern Ende seine positive Elektrizität und die negative bleibt festgehalten, bis der Erreger entfernt wird; dann ist sie frei und nach allen Seiten ableitbar. Je mehr ein Erreger einem isolirten Leiter genähert wird, desto stärker wird in diesem die Vertheilung und die Spannung, bis endlich die Luftschicht zwischen beiden nicht mehr dick genug ist, um die Vereinigung hindern zu können, welche dann durch einen überspringenden Funken erfolgt. Auf die Form des Leiters kommt es an, in welcher Weise die Elektrizität sich über seine Oberfläche ausbreitet. Auf einer Kugel ist die Verbreitung überall gleich; auf einem gestreckten Körper häuft sich die Elektrizität an beiden Enden an. Hätte ein solcher Leiter noch scharfe Ecken oder Spitzen, so würde sich dort die Elektrizität so anhäufen, daß sie nicht mehr zurück zu halten wäre, sondern durch die Luft entweichen würde. Man giebt daher den Konduktoren der Elektrisirmaschine eine Walzenform mit abgerundeten Enden. Die ableitende Wirkung metallner Spitzen läßt sich dann immer noch zeigen, denn wenn man ein spitzes Metallstück, das mit einer Erdleitung verbunden ist, einem solchen geladenen Konduktor entgegen hält, so giebt er seine ganze freie Elektrizität ab, und zwar ruhig, ohne überspringenden Funken.

Die Eigenthümlichkeit der Spitzen, die Elektrizität im Stillen abzugeben oder einzusaugen, wurde zuerst 1748 in Genf von dem Physiker Jallabert bemerkt, indem er den folgenden Versuch machte. Ein wagrecht auf einer Spitze drehbares Holzstäbchen hat an einem Ende eine Kugel. Eine Person stellt sich auf einen Isolirschemel und läßt sich elektrisiren, während sie in der Hand ein Holzstück hält, das an einem Ende spitz, am andern kolbig ist. Wird der Kugel die Spitze entgegen gehalten, so wird sie von derselben angezogen, indeß umgekehrt das kolbige Ende sie wegtreibt. Die Deutung dieses Versuchs gab erst Franklin.

Trotz des Mangels an absoluter Klarheit über das eigentliche Wesen der Elektrizität ist man doch zu Annahmen gelangt, mit deren Hülfe sich Vieles erklären läßt. Eine solche Annahme ist z. B. die, daß in allen Körpern ein neutrales, aus gleichen Mengen positiver und negativer Elektrizität bestehendes Gemisch vorhanden sei, das man als ein höchst feines Fluidum ansieht, ohne jedoch dasselbe nach seinem eigentlichen Wesen näher bezeichnen zu können. Durch Reiben wird nun das elektrische Fluidum in dem reibenden sowol als in dem geriebenen Körper getrennt, an der Berührungsfläche gehen die entgegengesetzten Hälften zu einander über und vereinigen sich wieder, in den abgewandten Theilen der Körper aber bleiben die anderen Hälften gesondert.

Nach dem bisher Gesagten können wir zur Betrachtung derjenigen Maschinen übergehen, durch welche sich auf bequeme Weise größere Mengen von Elektrizität erzeugen lassen.

Diese Maschinen haben seit Guericke mancherlei Formveränderungen und Verbesserungen erfahren und zwar bis in die neueste Zeit; indeß sie haben alle als nöthige Stücke ein Reibzeug, einen geriebenen Körper, der ein schlechter Leiter ist, und einen gut leitenden Konduktor, also Auffammler der erzeugten Elektrizität. Bei der gebräuchlichsten Form, die wir hier bildlich vorführen, besteht der zu reibende Körper aus einer großen runden Glasscheibe von 45—90 Centimeter Durchmesser, welche durch eine Kurbel drehbar ist.

Jallabert's Experiment.

Während der Drehung muß sich die Scheibe durch zwei Paar Kissen K, K' hindurch bewegen, die zu unterst und zu oberst durch Federn gegen sie angedrückt werden. Der Name Kissen ist nicht mehr wörtlich zu nehmen; statt der frühern bauchigen Lederpolster hat man jetzt flache Holzplatten, die mit dickem weichen Leder oder Tuch überzogen sind. Diese Platten haben mit dem Glase eine viel größere Berührungsfläche, was wichtig ist. Auf das Tuch oder Leder ist ein Amalgam von Quecksilber, Zinn und Zink aufgetragen, das zur Erleichterung

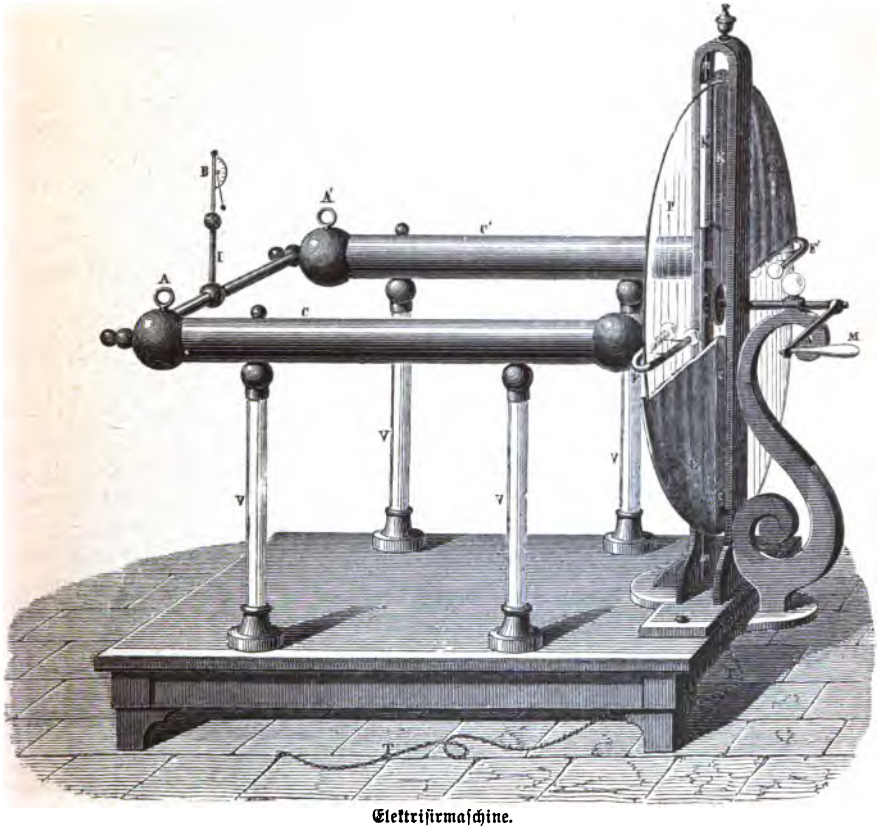
des Aufstreichens mit Talg gemischt ist. Der dritte Haupttheil der Maschine ist der Konduktor C, C'; er besteht aus zwei gleichen metallenen Hohlcylindern, deren Enden durch Kugelkappen geschlossen und die natürlich durch Glasfüße isolirt sind. Vermöge der metallischen Verbindungsstange an der äußern Seite wirken die beiden Körper wie ein einziges Stück. An den Enden, welche der Glasscheibe zugekehrt sind, trägt der Konduktor zwei gekrümmte metallene Arme, die sogenannten Zuleiter, deren wichtige Dienste sich im Nachfolgenden ergeben werden. Diese Zuleiter umfassen, wie das Bild zeigt, einen ziemlich breiten Theil des Scheibenrandes und richten sowol auf der innern als äußern Seite einige Metallspitzen gegen das Glas, an das sie sehr nahe heran treten, doch ohne es zu berühren. Schließlich hat noch die Scheibe über einen größern Theil ihrer Flächen eine Bedeckung von Taffet zur Abhaltung der nie ganz fehlenden Luftfeuchtigkeit, und die Maschine muß vor der Anwendung überall sorgfältig zur Entfernung jeder Feuchtigkeit mit trocknem Zeug abgerieben werden.

Sobald die Elektrisirmaschine in Drehung gesetzt ist, kann man durch Berührung der Scheibe überall kleine Funken heraus locken; bei weiterer Drehung fahren solche von selbst knisternd heraus, ein phosphorartiger Geruch verbreitet sich und man fühlt ein eigenthümliches Anwehen im Gesicht; im Dunkeln nimmt man an der Scheibe einen leuchtenden Schein wahr. Je mehr der Konduktor sich ladet, desto mehr verläßt das bei B auf dem Träger I stehende elektrische Pendel oder Elektroskop seine senkrechte Stellung und stellt sich schräg.

Haben wir uns die frühern Darlegungen deutlich gemacht, so ist die Wirkung der Maschine bald verstanden, denn es sind nur bekannte Vorgänge, die uns hier begegnen. Durch die Reibung zwischen Glasscheibe und Reibzeug wird erstere positiv, letzteres negativ elektrisch. Wird keine negative Elektrizität verlangt, so läßt man sie durch Metallstreifen m m und die Kette T in die Erde abfließen, so wie sie erzeugt wird. Die Scheibe, als positiv geladener Körper, wirkt nun ihrerseits durch die Spitzen vertheilend auf die Elektrizität des Konduktors, stößt dessen positive Elektrizität ab und bindet die negative. Da wir uns aber die Drehung als fortgesetzt denken, so wird die in der Scheibe entstandene neutrale Elektrizität immer wieder zerlegt, die negative entweicht und die positive häuft sich im Konduktor an. Auf die Größe der Maschine kommt es natürlich hauptsächtlich an, wie starke Ladungen erhalten werden, doch hat auch der Zustand der Luft viel Einfluß, denn in feuchter Luft geräth die Sache nicht gut und darum ist schon die Anwesenheit vieler Menschen und Lichter hinderlich.

Unter allen Umständen tritt aber endlich ein Zeitpunkt ein, wo die Ladung sich nicht weiter treiben läßt. Einem stark geladenen Konduktor darf man nicht zu nahe kommen, denn derselbe sendet lange Funken oder kleine Blitze mit Knall oft nach weit entfernten guten Leitern hin. Dennoch aber kann man sich selbst zu einem Konduktor machen, sobald man nur die Vorsicht braucht, sich mit der Maschine in Verbindung zu setzen, noch ehe sie in Gang gesetzt ist. Man stellt sich dann auf einen Isolirschemel und nimmt einen Draht in die Hand, der am Konduktor befestigt ist. Man wird nun elektrisirt und fühlt bald, wie sich die Kopfhaare empor und aus einander sträuben. Die Haare, als mit einerlei

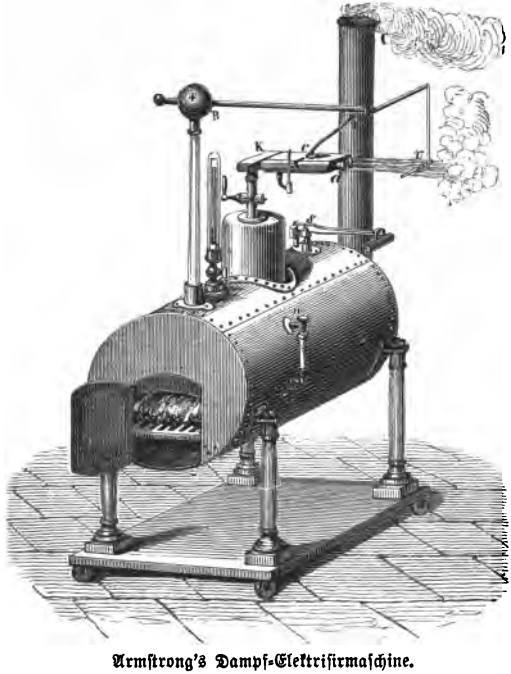
Elektrizität geladen, stoßen sich ab und fliehen sich wie die Hollunderkügelchen. Die feinen Härchen der Gesichtshaut werden in derselben Weise affizirt und daraus entsteht das Gefühl, als sei man mit dem Gesicht in Spinnegewebe gerathen. Dabei zieht die Hand leichte Körper an und stößt sie wieder ab, und wird dem Elektrisirten ein Leiter genähret, z. B. eine Person greift nach ihm, so springt ein Funke über, der einen stechenden Schmerz verursacht.



Elektrisirmaschine.

Bei Gelegenheiten, wo ein Dampfstrahl aus einem Dampfkessel entweicht, wird zuweilen das Auftreten von Elektrizität verspürt. Dies ist näher untersucht worden und der Engländer Armstrong hat hiernach eine Dampf-Elektrisirmaschine konstruirt, die in großen physikalischen Kabineten ebenfalls anzutreffen ist, viel stärkere Wirkungen giebt als die gewöhnliche Maschine, aber durch ihren Dampf sich lästig macht. Das Hauptstück ist hier ein kleiner Dampfkessel mit innerer Feuerung, der auf einem Gestell mit Glasfüßen liegt. Der mit ganz reinem Wasser halb gefüllte Kessel wird bei Verschluß so lange geheizt, bis

eine starke Dampfspannung erreicht ist; dann öffnet man einen Hahn, der Dampf fährt durch mehrere dünne Röhrenschnäbel heraus, und die Strahlen fahren in die Zähne eines Rechens von Metallspitzen, von welchen eine Leitung nach einer isolirten metallenen Hohlkugel geht, die als Konduktor dient. Trotz der großen Verschiedenheit im Bau ist diese Maschine ebenfalls eine durch Reibung wirkende. Die kleinen Ausflußröhren enden in Schnäbel von hartem Holz, denn der Dampf muß sich an einem Nichtleiter reiben. Ferner ist erforderlich, daß der Dampf schon theilweise kondensirt, mit feinen Wasserbläschen beladen sei, und dies wird erreicht, indem man die Ausflußröhren durch eine Büchse mit kaltem Wasser führt, so daß sie stets kälter als der Kessel selbst bleiben.

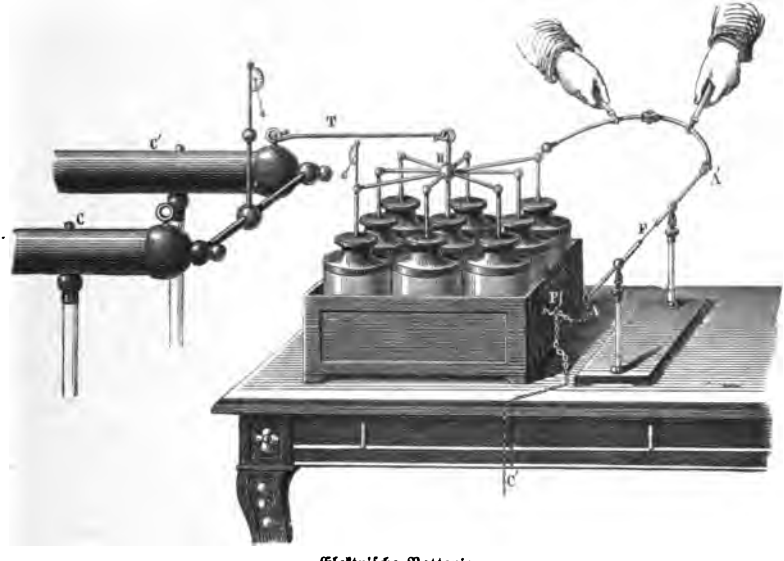


Armstrong's Dampf-Elektrisirmaschine.

Würde man sie statt zu kühlen erhitzen, so würde keine Elektrizität entwickelt werden. Also die Wasserbläschen vertreten hier das Reibzeug, und die Wirkung ist, daß der Kessel sich negativ, der Konduktor positiv ladet; wird aber etwas Terpentinöl mit in den Kessel gegeben, so nehmen die Elektrizitäten merkwürdiger Weise in der umgekehrten Art Platz. So lange die Dampfausströmung dauert, können dem Konduktor beständig lange Strahlen entzogen werden, die man, wenn weiter nichts damit bezweckt wird, einfach auf den Kessel zurückschlagen läßt.

Im Jahre 1745 wurden fast gleichzeitig vom Domherrn von Kleist zu Kammin und dem Professor Muschenbroek in Leyden beim Experimentiren Beobachtungen gemacht — d. h. sie bekamen unerwartet heftige elektrische Schläge — welche auf Mittel führten, die Elektrizität in viel stärkerem Maße anzuhäufen, als dies mittels der damaligen Maschinen thunlich war. Dies Mittel ist die Leydener oder Kleist'sche Flasche (Verstärkungsflasche) und namentlich die aus mehreren solchen Flaschen zusammengesetzte elektrische Batterie. Die Flaschen sind cylindrisch mit weiter oder engerer Mündung, die ein Deckel oder Kork schließt. Wände und Boden sind sowol auf der Innen- als Außenseite bis auf ein paar Zoll unterm Rande mit Blattzinn beklebt, das frei bleibende Glas gut mit einem Harzfirniß überzogen. Durch den Deckel geht

ein metallener, oben mit einem Knopf versehener Stab, der innen mit dem Zinnbeleg in Berührung steht, gewöhnlich durch ein herabhängendes und zum Theil am Boden liegendes Kettchen. Wird der Knopf, indem man eine einzelne Flasche in der Hand hält, dem Konduktor einer im Gange befindlichen Elektrisirmaschine nahe gehalten, so wird die Innenseite positiv elektrisch, die Außenseite negativ, indem die außen abgestoßene positive Elektrizität durch die Hand fort geht. Durch verlängerte Einwirkung kann eine Menge der beiden durch das Glas getrennten Elektrizitäten aufgehäuft und eine hohe Spannung erreicht werden, denn mit der Menge steigt auch das Bestreben nach Wiedervereinigung.



Elektrische Batterie.

Die letztere erfolgt, wenn ein Leiter zwischen die äußere und die innere Belegung gebracht wird, der als Brücke dient. Setzt man z. B. an die äußere Belegung das eine Ende eines Metalldrahts und nähert das andere dem Knopfe, der mit der innern in Verbindung steht, so erfolgt noch vor der Berührung die Entladung unter Blitz und Knall. Je größer die Flaschen und also die Metallflächen sind, desto stärker die Wirkungen. Bringt man nun eine Anzahl großer Flaschen so in Verbindung, daß sie wie eine einzige arbeiten, so werden auch die Wirkungen in demselben Maße verstärkt. Gewöhnlich setzt man 9 große Flaschen zu einer Batterie zusammen, deren innere Flächen dann dadurch verbunden sind, daß von allen äußern Knöpfen Metallstäbchen nach dem mittelsten gehen. Zur Verbindung der Außenseiten stehen die Flaschen ferner in einem Kasten, der innen mit Metall ausgelegt ist. Von dieser Belegung geht eine Kette nach außen in die Erde zur Ableitung der positiven Elektrizität, während eine andere dazu dient, die Batterie nach Wunsch mit beliebigen andern Apparaten in Verbindung zu setzen.

Die Ladung einer Batterie geschieht vom Kondensator einer Elektrisirmaschine aus mittels eines verbindenden Metallstabes. Um nicht die sehr schmerzhaften und unter Umständen auch sehr gefährlichen Entladungen auf den eignen Körper zu ziehen, bedient man sich zur Schließung eines sogenannten Ausladers, welcher entweder aus einem gekrümmten einfachen Metallstücke mit einem gläsernen Griffe, oder aus einem zweitheiligen mit Charnier versehenen Bogen mit zwei Griffen (s. Abb.) besteht.

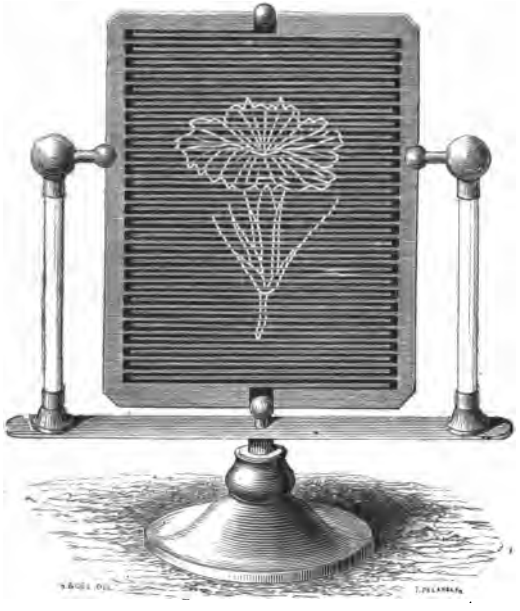
Will man nur geringe Mengen von Elektrizität erzeugen, so bedient man sich des Elektrophors. Er besteht aus einem aus Schellack und venetianischem Terpentin bereitetem Kuchen von etwa 25—50 Centimeter Durchmesser und 1—2 Centimeter Dicke. Peitscht man diesen Kuchen mit einem recht trockenen Fuchsschwanz, so wird er negativ elektrisch. Legt man nun einen etwas kleineren, entweder in einer ganz ebenen, an den Kanten abgerundeten Metallplatte oder in einer aus mit Stanniol überzogenen Pappe bestehendem Deckel, der mit einem isolirenden Handgriffe versehen ist, auf den Harzkuchen und nähert alsdann der oberen Fläche des Deckels den Knöchel des Fingers, so springt ein elektrischer Funke über. Wie geht das zu? Die negative Elektrizität des Harzkuchens hat das Elektrizitätsgemisch im Deckel zerlegt; die positive Elektrizität sammelte sich an der unteren, die negative Elektrizität an der oberen Fläche. Diese, welche frei war, leitete der sich nähernde Knöchel des Fingers über. Hebt man den Deckel ab, so kann man auch aus der unteren Fläche desselben einen Funken ziehen. So lange nämlich der Deckel auf dem Kuchen liegt, ist die positive Elektrizität an der unteren Fläche gebunden, beim Abheben des Deckels aber wird sie frei.

Elektrophor.

Die Wirkung des Elektrophors leitete zwei deutsche Physiker: Töpler in Dorpat und Holtz in Berlin zu der Erfindung einer neuen Art von Elektrisirmaschinen nämlich der sogenannten „Influenzelektrisirmaschine". Der Raum gestattet uns jedoch nicht, hier näher auf dieselbe einzugehen.

Mit der Elektrisirmaschine, der Leydener Flasche und Batterie lassen sich eine große Menge höchst interessanter Versuche anstellen. Anfänglich hielt man sich besonders an die Erscheinungen der Anziehung und Abstoßung und der kleinen Funken und Entladungen, die der Körper ohne große Beschwerde ertragen konnte. Man hatte elektrische Glockenspiele, elektrischen Kugel- und Puppentanz u. dgl. Mancherlei Apparate hat man auch ferner noch zur Veranschaulichung der

elektrischen Licht- und Wärmeerscheinungen. Die Elektrizität erscheint zunächst als Licht, als sogenannter elektrischer Funke, wenn sie über eine Unterbrechung hinweg, also durch die Luft, von einem Leiter auf den andern überspringt. Hierauf beruht u. A. die elektrische Zaubertafel, eine Vorrichtung zur Erzeugung schöner Lichteffekte im Dunkeln. Auf einer durch Glasfüße isolirten Glastafel sind schmale Zinnstreifen, die mehrmals der Länge nach gefaltet sind, mit Belassung von Zwischenräumen aufgeleimt. Mit einem scharfen Instrument schneidet man in die Fläche eine beliebige Zeichnung, so daß die Schnitte die Zinnstreifen trennen. Wird nun die Tafel durch einen Draht, der vom obern Knopf A ausgeht, mit einer thätigen Elektrisirmaschine in leitende Verbindung gesetzt, und geht ein anderer Draht vom untern Knopf B nach der Erde, so erscheint das ganze Bild in Feuer, indem an allen Durchschnitten elektrische Funken überspringen.



Elektrische Zaubertafel.

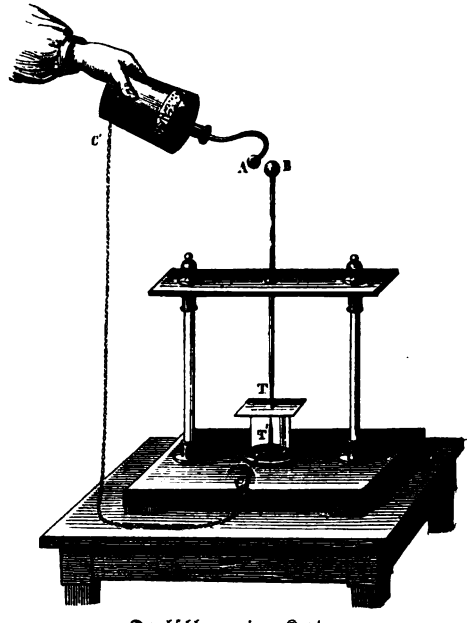
Auch an guten Leitern treten Lichterscheinungen auf, wenn dieselben der Elektrizität einen zu engen Weg bieten, wie z. B. dünne Metalldrähte. Diese werden nämlich unter solchen Umständen glühend, schmelzen und verbrennen auch durch starke Schläge. Wir sehen an der Abbildung (S. 101) an der Leitung rechts eine Stelle F stark verdünnt; dieses soll ein eingeschaltetes Stückchen Eisendraht vorstellen und würde als solches die erste Entladung nicht überdauern, sondern sofort unter Funkensprühen wegbrennen. Sehr dünne Leiter, wie Zinnfolie, Blattgold u. dgl. werden unter solchen Umständen ganz zu feinem Staube verflüchtigt. Solchergestalt läßt sich auch erwarten, daß leicht entzündliche Körper um so eher von einem durchschlagenden Funken in Brand gesetzt werden. Durch Versuche mit Weingeist, Aether, Schießpulver, Kolophoniummehl u. s. w. läßt sich die Richtigkeit der Voraussetzung leicht bestätigen. Knallgas, ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserstoff, ist ebenfalls eine entzündliche Luftart, welche mit großer Kraft explodirt und sich zu Wasser verdichtet. Füllt man damit ein Metallrohr an und setzt eine Ladung darauf, so kann man den Schuß abfeuern, wenn man

zwischen zwei Spitzen der Drahtleitung, die in das Rohr hinein reichen, einen Funken überschlagen läßt. Dies ist die elektrische Pistole, respektive Kanone.

Entzündung von Weingeist durch den elektrischen Funken.

Nicht am wenigsten merkwürdig sind auch die mechanischen Wirkungen der Elektrizität. Findet sich dieselbe in einem so gespannten Zustande, daß sie die Luft durchbricht, um auf einen andern Leiter überzuspringen, so durchschlägt

sie auf solchem Wege auch andere Nichtleiter und hinterläßt ein Loch oder bewirkt eine Zertrümmerung. Die Entladungen einer Leydener Flasche oder gar Batterie, die immer viel heftiger sind als die einer Maschine, haben auch die stärkste mechanische Wirkung. Schon mit einer einzelnen Flasche kann man die Durchlöcherung einer Karte, Pappe u. dgl. bewirken. Die Kraft einer ganzen Batterie durchdringt wol ein ganzes Spiel Karten, zersplittert Breter und durchschlägt Glasplatten. Eine mit Wasser gefüllte Röhre, die an den Enden geschlossen ist und in welche von beiden Seiten ein Leitungsdraht hinein reicht, wird zertrümmert, sie mag noch so stark sein. Es kommt dies von der starken Ausdehnung des Wassers, welche die Elektrizität bewirkt. Hiernach ist es also kein Wunder, daß auch kleine Thiere wie Hunde, Katzen durch eine Batterie auf der Stelle getödtet werden und selbst der Mensch dadurch in Lebensgefahr kommen kann.



Durchschlagen einer Karte.

Sobald man anfing, mit sehr langen Leitern, also Metalldrähten, zu operiren, was gleich nach dem Bekanntwerden der Leydener Flasche geschah, mußte man bemerken, mit welcher Raschheit oder vielmehr Augenblicklichkeit die elektrische Erregung sich über die ganze Länge der Leitung verbreitete. Man bekam nun einen Begriff von der Geschwindigkeit der Elektrizität. Franklin zog eine Leitung über einen breiten Fluß und zündete auf der jenseitigen Station mittels einer Leydener Flasche augenblicklich Aether an. Im Jahre 1746 schaltete Winkler in Leipzig in die Leitung eines langen Drahtes einen Theil der Pleiße mit ein, und die Entladung fand ebenfalls augenblicklich statt; 1747 leitete Watson den elektrischen Funken in einem Drahte über die Themse und durch das Wasser derselben zurück. Ein anderes Mal schaltete er in die Mitte von zwei Meilen Drahtlänge eine Strecke von zwei Meilen trocknen Landes ein und die Entladung fand auf die Entfernung von 5000 Meter ebenfalls augenblicklich statt. Aber erst Wheatstone hat durch den von ihm erfundenen Apparat mit rotirendem Spiegel die wirkliche Schnelligkeit der Elektrizität berechnet und gefunden, daß der elektrische Funke in einer Sekunde etwas über 62,000 deutsche Meilen zurücklegt, während das Licht nur 41,000 Meilen

in derselben Zeit durchströmt, beide Schnelligkeiten sich also verhalten wie 29:19. Es legt also der elektrische Funke jede irdische Entfernung in undenkbar kurzer Zeit zurück, und nur der Gedanke vermag ihn an Schnelligkeit zu überflügeln. Weder Land noch Wasser halten ihn in seiner Bewegung auf, ja noch mehr, sie dienen ihm als Beförderer und Leiter auf seiner weiten Reise und er könnte in einer Sekunde $11\,^1/_2$ Mal rings um die Erde laufen.

Durch mehrere Menschenalter war so das Studium der Elektrizität von den Gelehrten aller wissenschaftlich thätigen Länder gepflegt und der Schatz des Wissens vermehrt, ohne daß für das praktische Leben erheblicher Gewinn daraus hervorgegangen wäre. Doch alles Wissen hat, wenigstens in der Naturwissenschaft, auch seinen praktischen Werth und kann die Keime zu großen Ergebnissen enthalten. Das ist denn auch bei der Elektrizität und zwar in ganz vorzüglichem Maße eingetroffen: mannichfach und zum Theil hochwichtig sind die Dienste, die uns diese noch immer räthselhafte Naturkraft leistet; aber bevor es dazu kommen konnte, mußten erst weitere Entdeckungen auf diesem Felde gemacht werden. Allerdings kam man schon im vorigen Jahrhundert, nachdem man die Fernwirkungen der Elektrizität in langen Drähten kennen gelernt, bald auf die nahe liegende Idee, die neue Naturkraft als Eilboten der Gedanken zu benutzen und machte Versuche zur Ausarbeitung einer elektrischen Telegraphie, wobei die Schwingungen eines Pendels oder überspringende Funken als Zeichen zu benutzen gewesen wären. Die Ausführung im Großen mißlang jedoch, denn erstlich arbeitet die Elektrisirmaschine bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden der Luft zu ungleich und unter Umständen gar nicht, und zweitens ist es nicht möglich, die Reibungselektrizität hinreichend fest an die Leitung zu bannen; sie ist zu flüchtig, verliert in langen Leitungen zu viel durch Ausstrahlen in die Luft und sucht gern auf benachbarte Leiter überspringend den nächsten Weg zur Erde. Zum Telegraphen konnte es also erst kommen, nachdem eine andere Quelle entdeckt worden war, welche dieselbe Kraft, aber doch etwas anders geartet liefert. Das ist die in der galvanischen Batterie entstehende Elektrizität, die leichter und nachhaltiger erzeugt werden kann und wenig Neigung hat, vom Leiter abzuspringen.

Die Elektrisirmaschine an sich leistet demnach keine technische Arbeit, außer daß sie zuweilen zum Entzünden von Sprengladungen benutzt worden sein mag; sie ist ein Apparat für Experiment und Studium. Aber die durch sie erlangte Kenntniß lieferte doch bald schon ein wichtiges, Menschenwohl förderndes Ergebniß, den Blitzableiter, zu dessen Betrachtung wir uns jetzt wenden wollen.

Franklin's erſter Blitzableiter.

Der Blitzableiter.

Betrachtet man die Geſtalt und Farbe der feurigen Entladungen, wie ſie eine Leydener Batterie oder große Maſchine giebt, ſo muß man unwillkürlich an den Blitz erinnert werden; eben ſo nahe liegt die Vergleichung des dabei auftretenden ſtarken Knalles mit dem Donnerſchlag. Beim Einſchlagen des Blitzes werden ferner ſchlechte Leiter zertrümmert, Metalle ins Glühen verſetzt oder geſchmolzen, brennbare Gegenſtände entzündet, Menſchen und Thiere getödtet. Wo ein Blitz einſchlägt, empfinden in der Nähe weilende Perſonen einen erſtickenden Schwefel- oder Phosphorgeruch, und derſelbe Geruch wird in geringerem Maße auch beim Experimentiren mit der Maſchine verſpürt. Er rührt, wie wir jetzt wiſſen, davon her, daß die Elektrizität den Sauerſtoff der Luft in einen Zuſtand verſetzt,

wo seine chemischen Wirkungen bedeutend gesteigert sind und wo er auch die Geruchsnerven affizirt. Diesen elektrischen Sauerstoff hat man Ozon genannt. Sehen wir also, daß eine Reihe von Erscheinungen beim Gewitter sich an der Elektrisirmaschine im Kleinen genau wiederholt, so kann kein Zweifel obwalten, daß der Blitz nichts weiter ist als ein großer elektrischer Funke. Diese Ansicht ist auch schon frühzeitig von Guericke u. A. ausgesprochen worden, wenn auch mehr nur wie eine oberflächliche Vermuthung. Die Bewahrheitung derselben durch direkte Versuche und die alsbaldige Anwendung der gefundenen Wahrheit fürs praktische Leben verdanken wir dem berühmten und in mehrfacher Hinsicht ausgezeichneten Amerikaner Benjamin Franklin. Dieser hatte sich in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts vielfach mit elektrischen Versuchen beschäftigt, und seine Ansicht von der Gleichartigkeit des Blitzes und elektrischen Funkens war bei ihm feste Ueberzeugung geworden. Es war ihm nun darum zu thun, zu weitern Versuchen atmosphärische Elektrizität direkt aus Gewitterwolken herab zu leiten, wobei er freilich nicht ahnte, daß dieser Versuch ihm hätte das Leben kosten können. Er fertigte nämlich einen großen Luftdrachen, gab ihm einen Ueberzug von Seide und bewehrte das vordere Ende des Mittelstocks mit einer eisernen Spitze. Denn er war es gewesen, der die Eigenschaft metallener Spitzen, die Elektrizität mit besonderer Leichtigkeit aus- und einströmen zu lassen, zuerst erkannt oder doch richtig gewürdigt hatte.

Die Leine, woran der Drache aufstieg, war ein gewöhnlicher hanfener Bindfaden, doch knüpfte er zur Steigerung der Elektrizitätsleitung an das untere Ende des Fadens eine seidene Schnur und an deren Ende einen Stahlschlüssel als Handgriff. Mit dieser Vorrichtung ging Franklin einst im Juni des Jahres 1752, nur von seinem Sohne begleitet, dem er seine Absicht allein entdeckt hatte, beim Herannahen eines Gewitters auf eine Wiese bei Philadelphia und ließ den Drachen steigen. Obwol nun dieser sehr hoch stand und die Gewitterwolken ziemlich dicht über ihm hinzogen, so bemerkte Franklin doch nicht das geringste Zeichen von Elektrizität, und schon fürchtete er, daß seine Ansicht von der Natur des Gewitters doch nicht die rechte sein könne, als er, nachdem ein gelinder Regen den Faden angefeuchtet hatte, plötzlich wahrnahm, daß die losen Fäserchen der seidenen Schnur allesammt aufwärts strebten und ein leises Knistern zu hören war. Hocherfreut darüber, daß sich in dem Seidenfaden Spuren von Elektrizität zeigten, die nothwendig atmosphärische, aus den Gewitterwolken herabgeleitete sein mußte, erforschte er die Erscheinung gründlicher, hielt ein Fingergelenk an den Stahlschlüssel, und ein starker, sehr sichtbarer Funken sprang sofort in seinen Körper über. Dies bestätigte seine frühere Ansicht vollkommen und er konnte nun darauf weiter bauen.

Die Luftelektrizität wirkte in gleicher Weise wie die künstlich erzeugte. Er leitete nun zu wiederholten Malen Funken von dem Schlüssel ab, und es gelang ihm dieser Versuch so vollkommen, daß er seinem Körper nicht allein tüchtige Schläge mitzutheilen, sondern die Elektrizität selbst in einer Leydener Flasche anzusammeln vermochte. Ein Glück für Franklin war es übrigens, daß die Schnur nicht ganz feucht war oder gar aus einem besser leitenden Stoffe bestand;

r. cut off with p. 89.

es hätte ihm wie dem verdienten Professor Reichmann in Petersburg gehen können, der am 6. August 1753 von seiner Studirstube aus ähnliche Versuche anstellte und den Blitz, von dem er auch erschlagen ward, dadurch recht eigentlich in die Stube leitete.

Reichmann hatte nämlich das von Franklin auch zuerst eingerichtete elektrische Glockenspiel bei sich aufgestellt, welches ein heranziehendes Gewitter durch Glockentöne anzeigt. Hierbei dient eine über das Dach hinausgeführte Auffangestange zum Herableiten der Elektrizität ins Innere des Gebäudes; sie endet in einem metallenen Querstück und an diesem hängt einerseits eine kleine Glocke in leitender Verbindung an einem Kettchen, andererseits eine solche isolirt, an einem Seidenfaden, und in der Mitte von beiden eine kleine Metallkugel, ebenfalls an einem Seidenfaden. Endlich geht von der isolirten Glocke eine Kette abwärts bis in den Erdboden. Wird die Stange und demzufolge die eine Glocke elektrisch, so wissen wir, was geschieht: der kleine Metallkörper wird von ihr angezogen, gleichnamig elektrisirt und daher gleich wieder fortgestoßen; er stößt nun an die andere Glocke, verliert an dieser durch die Erdleitung seine ganze Elektrizität und ist nun wieder Gegenstand der Anziehung für die erste Glocke. Er schafft also die Elektrizität über eine in der Leitung vorhandene Lücke portionenweis hinüber. Bei dem Reichmann'schen Apparat bestand nur der Unterschied, daß die Kette, welche aus dem Innern der einen Glocke herabhing, nicht ganz bis zur Erde geleitet, sondern an einer Eisenstange befestigt war, die unten auf dem Tische in einem mit Eisenfeilspänen angefüllten Becherglase und oben unter der Decke in einer isolirenden Glasröhre ruhte, so daß diese Stange ganz den Platz des isolirten Konduktors einer Elektrisirmaschine übernahm. Bei der Herrichtung des Ganzen war ihm der Universitätskupferstecher Sokolow behülflich gewesen. Den 6. August 1753, als Alles fertig vorgerichtet war, kam nun dieser zu Reichmann mit der Nachricht, daß ein Gewitter im Anzuge sei, er habe es eben ganz entfernt donnern gehört. Beide gingen nun rasch nach dem Zimmer des Apparats, um zu sehen, welche Wirkung die Luftelektrizität darauf ausübe. Als der vorangehende Reichmann die Thür öffnete, war das elektrische Glockenspiel schon in vollem Gange, das an der Stange befestigte Elektrometer zeigte einen starken Grad der Luftelektrizität an. Voll Freude über das so herrliche Gelingen seines Versuchs, sprang Reichmann nun hinzu, um die Sache in der Nähe betrachten zu können. Da fuhr aber mit einem furchtbaren Gewitterschlage ein Feuerballen aus der Eisenstange nach seinem vorgebeugten Kopf und tödtete ihn auf der Stelle, während Sokolow besinnungslos zu Boden stürzte, sich aber bald wieder erholte.

Die Versuche, bei denen der elektrische Drache die Hauptrolle spielte, wiederholte der berühmte Lichtenberg in Göttingen; in noch größerer Vollkommenheit und mit aller Vorsicht aber ein Franzose, Namens de Romas zu Nerac. Derselbe band seinen Drachen an eine Schnur, welche mit einem Metalldrahte durchflochten war, ließ sie aber unten, um sich vor den Wirkungen des Blitzes sicher zu stellen, in eine andere, 3 Meter lange von reiner Seide übergehen. Um den Funken nicht mit dem Finger hervorlocken zu müssen, wobei er den Entladungsschlag bekommen und vielleicht getödtet worden wäre, gebrauchte er einen Metallleiter,

welcher mit der Erde durch eine eiserne Kette in Verbindung stand und an einem nicht leitenden (isolirten) Handgriffe gehalten werden konnte. Der Drache de Romas' stieg 180 Meter hoch und drang gewiß tief ins Innere so mancher Gewitterwolke, denn de Romas erhielt binnen einer Stunde dreißig Feuerstrahlen (Blitze), deren jeder eine Länge von etwa 3 Meter und eine Dicke von 2 $^1/_2$ Centimeter hatte und die sämmtlich ein Geräusch hören ließen, welches dem Knalle einer Pistole glich, außerdem wol tausend andere, welche etwa 2 Meter lang waren. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln wurde de Romas einmal durch einen Schlag, der ihn selbst traf, zu Boden geworfen.

Nach so glänzenden Erfolgen war nicht mehr zu zweifeln, daß Franklin's Angabe, der Blitz sei eine Wirkung der Elektrizität, die richtige sei, während man z. B. in der ältesten Zeit den Blitz für eine Entzündung der brennbaren Dünste in der Luft hielt, und nach der Erfindung des Schießpulvers meinte, daß salpetriges Salz und Schwefel in der Gewitterluft enthalten seien. Diese irrigen Meinungen sind durch Franklin beseitigt. Man weiß, daß der Blitz nichts Anderes ist als ein elektrischer Funke, und daß die lange Linie, welche der Blitz bildet, nur der kurze Zeit im Auge haftende Eindruck, das Nachbild der Lichterscheinung ist, während die zickzackähnliche Gestalt durch den verschiedenartigen Druck der Luftschichten hervorgebracht wird, welche der elektrische Funke beim Ueberspringen durchstreifen muß.

Die Blitze sind oft meilenlang, wie man am besten übersehen kann, wenn man auf einem hohen Berge ein Gewitter in der Tiefe zu beobachten Gelegenheit hat. In solchen Fällen sieht man auch, daß die Blitze häufig aus einer Wolke in eine andere parallel gelagerte oder nach oben schlagen. So tödtete im Jahre 1700 ein von einer tief unten schwebenden Gewitterwolke ausfahrender Blitzschlag in Steiermark sieben Personen, welche sich in einer hoch auf dem Berge gelegenen Kapelle befanden. Während in der Tiefe das Gewitter tobte, schien oben die Sonne hell am blauen Himmel und Niemand ahnte eine Gefahr. — Noch fürchterlicher und merkwürdiger war das Erlebniß, welches der Hauptmann von Bosio erzählt. Derselbe unternahm am 4. Juni 1822 mit seinem Gehülfen und sieben Führern eine Besteigung des 2940 Meter hohen Terglou, eines in drei zuckerhutartigen Spitzen auslaufenden, aus eisenschüssigem Kalkstein bestehenden Berges in den karnischen Alpen. Schon am andern Morgen war die Spitze erreicht, doch sollte das Unternehmen traurig enden. Wir wollen den kühnen Reisenden selbst erzählen lassen. „Mit verschiedenen Arbeiten beschäftigt, blieb ich bis zur Mittagsstunde, um welche mich alle meine Führer bis auf zwei verlassen hatten (Bosio war von ihnen gewarnt und bedeutet worden, sich von der Spitze zurück zu ziehen, da ein Gewitter nahe). Indessen hatte sich der Nebel im ganzen Umkreise der Thäler immer dichter gesammelt; es war um 4 Uhr Nachmittags und das Thermometer zeigte 1 Grad Réaumur. Schwarze Gewitterwolken zogen heran und ich mußte nothgedrungen den Entschluß fassen, hier über Nacht in einem Zelte zu bleiben. Fünf Uhr war es geworden und von meinen Gefährten war in der Zwischenzeit auch der zweite der kurz vorher noch anwesenden Führer entwichen, folglich waren nur einer derselben und mein Gehülfe die Treuen,

welche ausharrten, mein Verhängniß zu theilen. Die Wolken rauchten aus der Tiefe herauf und umlagerten den Berg, und mir blieb keine andere Ueberzeugung bei den furchtbaren Donnerschlägen als der gewisse Tod, weil ich es für unmöglich hielt, von den unzähligen elektrischen Strahlen, die hier auf kleinem Raume ihren ordnungslosen Wechselverkehr trieben, verschont bleiben zu können. Ich wollte fort von diesem Orte des Schreckens, aber der einzige mir treu gebliebene Führer erklärte, daß bei diesem heftigen Sturme uns die Rückkehr unvermeidlichen Tod bringen würde. Wir hielten uns also fest umschlungen, als ein heftiger elektrischer Schlag uns willenlos aus einander stiebte. Mir war die Besinnung nicht geraubt, aber sprachlos saß mein Gehülfe da und deutete auf seinen Mund, während ich, bei dem steten Leuchten der Blitze, an seiner Stirn ein Brandmal der elektrischen Berührung bemerkte. Durch Reibungen und Eingießungen von Wein brachte ich ihn wieder ins Leben zurück, aber ein neuer Schlag streckte uns alle betäubt dahin. Als ich aufblickte, riß ich schnell die Zeltleinwand hinweg und stürzte mit meinen Gefährten hinaus. Wir warfen uns in eine Felsenvertiefung, von der Leinwand umhüllt, die das Gräßliche unserer Lage verbergen sollte. Aber auch hier fand uns der Blitz und mich hatte diesmal der Schlag am meisten getroffen. Ich war lange besinnungslos, empfand noch eine längere Zeit die empfindlichsten Schmerzen in meinen Gebeinen, ward am Scheitel und an dem linken Backen beträchtlich verbrannt und soll, wie mir mein Begleiter versicherte, in ein fürchterliches, wahnsinniges Gebrüll ausgebrochen sein. Diese Scene hatte meinem letzten Führer die Besinnung geraubt; er drang darauf, dieser Hölle zu entfliehen und den Rückweg zu wagen. Aber meine Erschöpfung ließ es nicht zu, ihm zu folgen, und ich war entschlossen, mich dem Tode zu weihen, den ich für unvermeidlich hielt. Mein edler Gehülfe erklärte hierauf, auch im Tode nicht von mir zu lassen. Der letzte Führer entwich. Wir konnten ihm nicht folgen. Endlich entfernte sich das Gewitter, nachdem wir einige Augenblicke von einer Flammenhülle umgeben waren. Wir nahten uns nun der Pyramide, unter welcher wir zu unserm Schrecken den letzten Führer, der sich hierher zurückgezogen hatte, vom Blitz erschlagen fanden."

Das Wetterleuchten, welches man des Abends oder während der Nacht selbst bei ganz heiterm Himmel sieht, ohne daß man irgend einen Donner hört, ist meistens nur der Wiederschein entfernter Blitze. So verweilte der berühmte Saussure in der Nacht vom 10. zum 11. Juli 1783 auf der Grimsel und bemerkte in der Richtung nach Genf Wolkenstreifen, in denen er Wetterleuchten wahrnahm, ohne das mindeste Geräusch zu hören. In derselben Nacht, und zwar zu derselben Stunde, wurde, wie spätere Nachforschungen ergaben, Genf von einem furchtbaren Wetter heimgesucht.

Schlägt der Blitz in den Sand, so bildet er sogenannte **Blitzröhren**, d. h. tiefgehende ästige Röhren, welche aus zusammengeschmolzenen Quarz- oder Sandkörnern bestehen, ein glasartiges, braungelbes Aussehen haben und oft 10 Meter lang sind. Eine derartige Röhre ward bis zum Mai 1849 im naturhistorischen Museum zu Dresden gezeigt; leider ging auch diese Seltenheit mit andern Naturschätzen durch den Zwingerbrand verloren!

Eben so irrige Meinungen wie über den Blitz herrschten auch und herrschen zum Theil noch jetzt über die Natur des Donners, der ganz unschädlich, während er doch eben Das ist, was uns bei einem Gewitter den größten Schrecken verursacht. Er entsteht lediglich durch die Schwingungen der gewaltsam erschütterten Luft. Während der Blitz sich sofort wieder verliert, kündigt der Donner uns schon aus der Ferne ein Gewitter an. Ohne uns nach dem Gewitter umzusehen, hören wir an ihm sein Nahen, sowie er stärker und stärker wird. Der Grund, warum der Donner stets später gehört wird, als der Blitz erscheint, liegt darin, daß der Schall sich weit langsamer bewegt, als das Licht, daher wir, obschon Blitz und Donner gleichzeitig stattfinden, den Blitz eher sehen, als wir den Donner hören; das Rollen des letzteren aber rührt zum Theil vom Echo, das durch Brechung des Schalles an Wolkenschichten und irdischen Gegenständen, wie Bergen, Wäldern entsteht, zum Theil aber auch von der langsamen Bewegung der Schallwellen her. Wol ist es wahr, daß der Blitz im Augenblick seinen Weg von Wolke zu Wolke oder von der Wolke zur Erde zurücklegt und sonach der Donner auch gleichzeitig an allen Orten erdröhnt, allein es giebt keinen Ort, an welchem das Ohr sämmtliche Schallwellen zugleich aufzunehmen vermöchte, da sie nur nach und nach mit ihren besonderen Echos an unser Ohr gelangen und der Knall überhaupt demselben als ein verlängertes Geräusch erscheint. Diese Beobachtungen lassen sich besonders in Berggegenden vielfach machen, da hier nicht selten der von ein und demselben Blitzstrahle erzeugte Donner plötzlich abbricht, um gleich darauf noch einmal zu erdröhnen. Wo der Blitz in der Nähe einschlägt, hört man bekanntlich nur einen einzigen, grell prasselnden Schlag, dem wenig oder gar kein Donner folgt. Dieser selbe Blitz aber wird der entfernteren Umgegend gewöhnlichen Donner bereiten vermöge der weithin in Aufruhr versetzten Luft. Kalte Schläge nennt man bekanntlich solche, die zwar einschlagen, aber nicht zünden. Diese haben entweder keine brennbaren Stoffe gefunden, wie in Gemäuern, oder die vorhandenen waren durchnäßt, oder es walteten noch andere Ursachen ob. Metalle schmilzt der Blitz oder bringt sie zum Glühen, und hierdurch kann dann am ehesten ein Brand entstehen, und ein einziger eiserner Bolzen in einem Dachwerk kann Ursache sein, daß das Haus abbrennt.

Ist es aber nun längst außer Zweifel gestellt, daß das Gewitter nichts Anderes ist als ein großartiger elektrischer Vorgang, so ist doch nicht mit gleicher Bestmmtheit die Frage zu beantworten, wie ein Gewitter sich bildet, da wir in die Werkstatt, wo die Blitze gemacht werden, ja keinen Zutritt haben. Wir wissen aber erstlich, daß im Luftkreise beständig Vorgänge stattfinden, welche geeignet sind, Elektrizität zu erregen, namentlich Verdunstung, also Auflösung von Wolken, ebenso Verdichtung, plötzliche Wolkenbildung, veranlaßt durch Mischung verschieden warmer Luftschichten. Ferner lernen wir durch feine Elektroskope, daß fast beständig, auch bei heiterm Wetter, freie Elektrizität, bald positive, bald negative, in der Luft vorhanden ist; in den höheren, trockenen Luftschichten ist sie aber beständig positiv und um so reichlicher vorhanden, je höher aufgestiegen wird. Hier könnten sich also Wolken mit positiver Elektrizität sättigen und müßten dann in Wirkung auf andere Wolken den Gegensatz, die negative Elektrizität, erzeugen.

Wahrscheinlicher aber bilden sich die Wolken durch ihre Entstehung auch zugleich ihre Elektrizität und lassen sie ausstrahlen, wenn die Ladung zu stark wird. Wie dem aber sei, es haben sich Gegensätze gebildet, die nach Ausgleichung streben und dieselbe bewerkstelligen, sobald die trennende Luftschicht nicht mehr stark genug ist, das zu verhindern. Die Ausgleichung durch Blitze geschieht nun entweder von Wolke zu Wolke oder zwischen Wolke und Erde. Bleiben wir bei der Lehre von der Vertheilung, so wird die gebundene Elektrizität in der Erde oder Wolke durch die freie der Gewitterwolke zerlegt, die gleichnamige abgestoßen, die entgegengesetzte angezogen, und sobald die dazwischen befindlichen Hindernisse überwunden werden können, so erfolgt die Vereinigung unter Blitz und Donner. Daß der Blitz auf seinem Wege zur Erde nach den höchsten Punkten, Thürmen, Bäumen ꝛc. geht, bedarf nach dem, was wir vom elektrischen Funken schon wissen, keine Erklärung weiter; er kürzt sich damit eben den beschwerlichen Weg durch die Luft ab.

Zur Theorie des Blitzableiters.

Wir wollen nun zu Franklin's großer Erfindung, dem Blitzableiter, zurückkehren. An Gelegenheit, dergleichen zu sehen, fehlt es nicht; denn man findet Blitzableiter jetzt fast auf jedem öffentlichen Gebäude und auf den bedeutendern Privatgebäuden oft in großer Ausdehnung. Ein Blitzableiter besteht in seiner einfachsten Gestalt zunächst aus der auf dem höchsten Punkte des Gebäudes befestigten eisernen, oben zugespitzten, 3—4 Meter langen Auffangestange, an welche sich dann die Leitung schließt, welche ebenfalls aus Eisen, entweder starkem Eisenblech oder zusammengewundenem starken Drahte besteht und dazu bestimmt ist, die aus der Luft durch die Auffangestange gezogene elektrische Materie unschädlich in die feuchte Erde zu führen. Diese Leitung ist einige Fuß unter der Erde in rechtem

Winkel abgebogen und endet in einiger Entfernung in einem Brunnen oder in einer mit Holzkohlen ausgefüllten beständig feuchten Erdschicht. Die Versenkung in den Erdboden muß durchaus richtig geschehen, wenn der Blitzableiter wirklich Schutz gewähren soll. Die Wirksamkeit der ganzen Einrichtung hängt nämlich davon ab, daß nicht allein die Elektrizität aus dem Boden durch die Leitung in die Auffangestange und aus dieser durch die Spitze in die gewitterschwangere Luft, sondern daß auch die Elektrizität aus der Leitung möglichst rasch in den Boden übergehen kann. Und darum eben muß das Ende der Leitung in feuchtem Erdreich liegen, denn die zahllosen feinen Wasseradern im Boden sind leitende Aeste, in denen sich der Blitzstrahl verzweigt oder welche die neutralisirende Elektrizität herbeiführen. Ist der Blitzableiter nicht tief genug in die Erde hinabgeführt, so kann er für das Haus eher schädlich als nützlich werden; denn der Blitz springt dann leicht in das Gebäude wieder zurück.

Da die elektrische Materie nur an ganz rostfreies Metall geht, so muß der Blitzableiter durch einen Oelfarbenanstrich vor dem Verrosten gesichert sein; ferner macht man auch die Spitze der Auffangestange von Kupfer und vergoldet sie, ja die besten Blitzableiter sind oben noch mit einer Platinaspitze versehen, da Platina bekanntlich gar nicht rostet oder oxydirt. Weil der Blitz von einer unterbrochenen Leitung leicht abspringt, so muß dieselbe öfters untersucht werden, ob in den Verbindungen stets Metall und Metall sich berühren, die Flächen nicht etwa geröstet oder die Leitung vielleicht irgendwo abgebrochen sei. Man macht auch kupferne Leitungen, entweder in Form von Flachschienen oder Drahtseilen, die zwar theurer, aber auch bessere Leiter sind. Diese Leiter dürfen aber nicht nahe bei Feueressen stehen, sonst verderben sie rasch. Der Rauch enthält nämlich stets reichlich Ammoniak, und dies greift das Kupfer fast eben so heftig an wie Scheidewasser. Neuerdings legt man selbst Blitzableiter ohne Auffangestangen an. Da die eisernen Bänder längs des Firstes hin- und über das Dach zur Erde herablaufend die höchsten Theile des Gebäudes mit dem Erdboden verbinden, so gewähren sie einigen Nutzen, jedoch viel geringeren als die Ableiter mit Spitzen. Man scheint hierbei geglaubt zu haben, daß man den Blitz durch Ableiter mit Fangstangen geradezu herab zu ziehen vermöge. Dies könnte aber nur dann geschehen, wenn die Wolke sich unmittelbar über dem Blitzableiter befindet; ein Herabziehen derselben ist nicht möglich. Ist aber die elektrische Spannung zwischen Wolke und Erde so groß, daß es zum Einschlagen kommt, so wird, bei guter Beschaffenheit des Ableiters, der Blitz an demselben spurlos zur Erde niederfahren. Dagegen tragen die Fangstangen viel zur stillen Ausgleichung der vorhandenen Spannung entgegengesetzter Elektrizitäten bei. Der Blitzableiter zerlegt in solchem Falle die im Ableiter befindlichen verbundenen Elektrizitäten, stößt die gleichnamige ab, daß dieselbe nun frei in die Erde entweichen kann, und strömt die ungleichnamige aus, worauf dieselbe durch die Spitze in die Wolke entweicht. Schlägt der Blitz trotz des Blitzableiters in ein Haus ein, so war sicher die Leitung schadhaft. Da der Blitzableiter die elektrische Materie nur etwa aus einer Entfernung anzieht, die der doppelten Entfernung seiner Spitze vom Erdboden gleichkommt, so giebt man größern Gebäuden mehr als eine Auffangestange, die aber durch

Zwischenleitungen mit einander und der Hauptleitung verbunden sein müssen, in welche man zugleich die metallene Dachrinne und dergleichen mit einschließt.

Vom Blitz getroffenes Schiff.

Von einer guten Leitung springt die elektrische Materie selten oder vielmehr nie ab. Die Leitung muß aber unter allen Umständen stark genug sein, sonst wird sie vom Blitz geschmolzen oder zerschmettert.

Der Nutzen der Blitzableiter hat sich seit einer langen Reihe von Jahren immer aufs Neue bewährt. Schon kurze Zeit nach Erfindung des Blitzableiters zeigte man die Spitze einer derartigen Vorrichtung, welche von einem Blitzstrahle wie ein Eisendraht geschmolzen worden war. An dem Hause selbst hatte der Blitz keine Spur zurückgelassen. Der erste Blitzableiter wurde von Franklin 1770 auf das Haus von Benjamin West gesetzt; er war nur unwesentlich von den jetzigen unterschieden. Wie zur Bestätigung schlug kurz darauf der Blitz ein und ging unschädlich zur Erde. So kamen im Staate Carolina in Amerika, welcher vom Gewitter ungemein viel zu leiden hat, die Blitzableiter schon um 1760 in so allgemeine Anwendung, daß man sie auf fast allen Häusern erblickt, und die Erfahrung hat bewiesen, daß sie in den meisten Fällen der beabsichtigten Wirkung entsprochen haben. So lange jedoch ein Haus durch eine derartige Vorrichtung noch nicht vor Blitzschlägen geschützt ist, müssen andere Vorsichtsmaßregeln in Anwendung gebracht werden, von denen einige hier, ihrer Wichtigkeit wegen, erwähnt werden sollen: Während eines nahen Gewitters halte man sich nicht an den Fenstern oder in der Nähe eiserner Oefen, metallener Kronleuchter, nicht in der Nähe von Drahtzügen, Spiegeln, deren Belegung aus Metall besteht, Dachrinnen auf, lehne sich auch nicht an Wände.

Ein Blitzschirm.

Feuer auf dem Herde zu unterhalten, in die Küche unter den Schornstein, den höchsten Gegenstand des Hauses, zu treten, wo der Ruß eine gute Leitung bietet, mit vielen Menschen in einer Stube zusammen zu sein, ist stets bedenklich. Jedenfalls ist der sicherste Platz die Mitte eines geräumigen Zimmers, dessen Fenster man nicht geschlossen zu halten braucht. Ueberrascht uns ein Gewitter auf dem Felde, so ist die Gefahr, erschlagen zu werden, nicht unbedeutend, indem der Mensch in der ebenen Fläche dann der höchste Gegenstand ist. Es haben daher Manche vorgeschlagen, sich lieber dem Regen auszusetzen und sich auf die Erde nieder zu legen, als fortzugehen. Am gefährlichsten jedoch ist es, sich während des Gewitters unter einen Baum zu stellen, indem dieser, als höchster Gegenstand, den Blitz mehr als andere Gegenstände herbeizieht, weshalb auch der geistreiche Naturforscher Lichtenberg, welcher sich viel mit der Elektrizität beschäftigt hat, vorschlug, an jedem frei im Felde stehenden Baume ein Täfelchen mit der Aufschrift anzuheften: „Allhier wird man vom Blitze erschlagen.“ Unter allen Bäumen sind die Eichen die vorzüglichsten Leiter, daher auch hier die Gefahr am größten. Dagegen droht uns fast keine Gefahr, wenn wir während eines Gewitters im Walde fortgehen, indem der Blitz hier eine Menge bequeme Wege findet, denn trifft der Blitz einen Baum, so fährt er stets am Stamme herab in die Erde.

Nicht minder heilsam wie den Gebäuden sind die Blitzableiter den Schiffen, ja diesen noch viel nöthiger, denn ein einzelnes Schiff als einziger über die allgemeine Fläche hervorragender großer Gegenstand wird von einem nahen Gewitter fast mit Sicherheit getroffen. Auch zur See bewährte sich das Schutzmittel bald, denn schon der berühmte Seefahrer Cook erzählt den Fall, daß dicht neben ihm ein holländisches Schiff, das keinen Ableiter hatte, vom Blitz schwer beschädigt wurde, während das seine, besser geschützte, frei ausging. Heute wird kaum irgend ein Schiff ohne Ableiter in See gehen; die Auffangestange ist über den höchsten Mast hinausgeführt und die Leitung bildet eine Eisenkette, die bis ins Meer hinabgeht.

Während man jetzt genau weiß, wie viel und unter welchen Bedingungen man von einem Ableiter etwas verlangen kann, machte man sich im vorigen Jahrhundert noch weitere Hoffnungen und gedachte selbst seine eigene werthe Person durch einen blitzableitenden Regenschirm schützen zu können. Wahrscheinlich ist es nur bei Plänen geblieben, aber diese kamen mehrfach zum Vorschein. Der Blitz sollte in die metallene Spitze über dem Schirm eintreten und durch einen nachgeschleppten Draht in die Erde gehen. Aber er ist eine zu massenhafte Erscheinung, als daß er nicht auch den Körper mit zum Durchgange benutzen sollte.

Hier noch einige merkwürdige Wirkungen des Blitzes: In Sprachendorf in Schlesien schlug an einem Sonntage, nämlich am 7. August 1803, der Blitz in die Kirche. Die tausend eben anwesenden Personen wurden fast alle betäubt zu Boden geworfen; gegen 50 traf und streifte der Blitz, und nur ein siebzehnjähriges Mädchen, das eine silberne Kette um den Hals getragen hatte, empfing den Todesschlag, die Kette aber war vom Blitze geschmolzen worden. Uebrigens lagen gar viele von den Goldhauben, mit denen sich in jener Gegend die Frauen

schmücken, versengt in der Kirche umher. Sonderbar genug blieb gerade derjenige Mann, welcher in der Nähe des Fensters saß, durch das der Blitz hereingefahren war, völlig unbeschädigt. Seinen beiden Nachbarn wurden die Beine und die Kleider versengt.

Ein anderer Blitz, welcher in eine Pfarrwohnung geschlagen, hatte den am Hause heraufgehenden Klingeldraht erfaßt und war von ihm in die Stube geleitet worden, wo eben die ganze Familie um den Tisch saß. Da die innern Wände zum bessern Festhalten des Mauerputzes mit Draht überzogen und dann mit Kalk beworfen worden waren, so fuhr der Blitz an ersterem hin, riß den ganzen Putz von der Mauer ab, stürzte die an den Wänden stehenden Möbel um und ging, ohne die in der Stube Anwesenden im Geringsten zu beschädigen, wieder ins Freie.

Noch merkwürdiger als dieser ist der nachstehende, vor einigen Jahren zu Paris vorgekommene Fall, welchen wir mit den eigenen Worten des Berichterstatters wiedergeben wollen.

„Montag, den 17. Mai, gegen 11 Uhr Abends", erzählt Herr v. H . . ., „war ich im Begriff, durch die Straßen Saint-Guillaume, de la Chaise und de Varennes nach meiner Wohnung zu gehen, als ein sehr starker Donnerschlag mich mahnte, meinen Gang zu beschleunigen, da ein baldiger Regenguß vorauszusehen war. Ich hatte kaum fünfzig Schritte gemacht, als ein zweiter Donnerschlag ertönte, fast gleichzeitig mit dem Aufleuchten des Blitzes. Große Regentropfen fingen an zu fallen; ich hatte nur noch zwei- oder dreihundert Schritte bis zu meiner Wohnung. Ich fing an zu laufen. Plötzlich sehe ich mich von so starkem Licht umgeben, daß ich einen heftigen Schmerz in den Augen empfinde. In demselben Augenblicke fiel ein fürchterlicher Donnerschlag; mein Hut flog zehn Schritte weit weg, obwol es nicht im Geringsten windig war. Ein starker Regenguß brachte mich schnell aus dem Zustande von Blendung und Betäubung wieder zur Besinnung, und in großer Freude darüber, daß ich noch so gut wie immer sehen konnte, kam ich nach Hause. Als ich mich zu Bette legte, wollte ich meine Uhr aufziehen, und da erst bemerkte ich, daß der Blitzstrahl seinen Weg durch die linke Tasche meiner Weste genommen hatte. Diese Tasche hatte unten ein Loch, so groß, daß man zwei Finger hineinstecken konnte; der Rand dieses Loches war Beides: verbrannt und zerrissen. Die Weste war von Kasimir, das Futter der Tasche von Percaline und das zweite untere Futter von Tuch. Während ich lief, um noch vor dem Regenguße nach Hause zu kommen, hing der mittlere Theil der Uhrkette frei über der Weste; in diesen Theil der Kette, am niedrigsten Punkte des Bogens, den sie hangend gebildet, muß der Blitz hineingefahren sein, da der obere, in ein Knopfloch der Weste eingehakte Theil ganz unbeschädigt war, während der Haken, der die Uhr hielt, und die nächsten Kettenglieder verschwunden waren. Der Uhrhaken war von Silber, wie die ganze Kette; aber auf der innern Seite war er mit einem kleinen, zur Befestigung der Schraube dienenden Ringe von Stahl versehen. Ein goldener Ring, der mehrere Berlocks zusammenhielt, war in fünf Stücke zerbrochen. Der stählerne Uhrschlüssel, oben mit Gold belegt, war ganz weggerissen, mit Ausnahme des Theils, der von Gold war.

Einer kleinen Bouſſole von Silber waren die Pole umgekehrt worden. Die Uhr erſchien äußerlich ganz unbeſchädigt, ſogar der Ring, aus welchem der Uhrhaken herausgeriſſen worden war. Aber obwol es zur Zeit des Blitzſchlags erſt halb zwei Uhr war, wieſen die Zeiger auf $4^3/_4$ Uhr, und die Uhr ſtand ſtill. Ueberzeugt, daß die Feder oder etwas Anderes daran zerbrochen wäre, ließ ich die Uhr auf dem Tiſche liegen und wollte ſie den folgenden Tag zum Uhrmacher ſchicken; aber als ich des Morgens mir einfallen ließ, ſie aufzuziehen, ſah ich die Zeiger ſich in Bewegung ſetzen und ihren regelmäßigen Gang nehmen, den ſie auch nachher fortgeſetzt haben. Der Blitz ſcheint, während er die Zeiger fortgerückt, zugleich auch die Bewegung der einzelnen Theile der Uhr, vielleicht durch Erregung des Magnetismus, der erſt ſpäter wieder aufhörte, gehemmt zu haben. Bei meiner Uhr befanden ſich noch, am Tage des Gewitters, ein kleines eiſernes, in Gold gefaßtes Medaillon und ein kleines, ebenfalls goldenes Schlüſſelchen. Beide Gegenſtände waren gänzlich verſchwunden; wahrſcheinlich ſind ſie zugleich mit dem Uhrhaken durch das in die Weſtentaſche geriſſene Loch fortgeriſſen worden. Die Kette, welche als Leiter gedient hatte, zeigte keine äußere Spur davon, daß ſie den Blitz geleitet. Was mich betrifft, ſo fühlte ich erſt in den folgenden Tagen eine Steifigkeit in den Gliedern, derjenigen ähnlich, die von großer und ungewohnter körperlicher Anſtrengung herrührt; ſonſt kein Zeichen, keine Spur, weder auf meinen Kleidern, noch auf meiner Haut. Ich muß hier eine Eigenthümlichkeit meiner Bekleidung erwähnen, die ſicherlich dazu beigetragen, daß der Blitzſtrahl die angegebenen Wirkungen hervorgebracht. Ich habe in Spanien die Gewohnheit angenommen, über dem Hemde und folglich unter der Weſte eine rothſeidene Binde zu tragen, die 15—20 Centimeter breit, vier- oder fünfmal um den Leib herumgeht. Sollte dieſe Binde mich nicht dadurch gerettet haben, daß ſie den Blitzſtrahl beſtimmt hat, ſeinen Weg durch meine Kleider, ſtatt durch meinen Körper zu nehmen?"

Dieſer Bericht iſt der Akademie in einer großen Sitzung von Biot vorgeleſen worden; auch haben die im Bericht erwähnten, vom Blitz getroffenen Gegenſtände zur Beſichtigung vorgelegen; es iſt mithin das erzählte merkwürdige Ereigniß zur Genüge verbürgt.

Wir ſchließen dieſe Reihe merkwürdiger Fälle mit den beiden nachfolgenden. Am 13. Mai des gewitterreichen Jahres 1803 wurde zu Drechtow, einem Dorfe in der Mittelmark, ein Schäfer nebſt ſeinem Hunde und 40 Schafen vom Blitz erſchlagen. Letztere lagen zerſtreut umher um ihren getödteten Hirten, und ungeachtet man nirgends eine Spur von der abgeſtreiften Wolle fand, waren doch ſämmtliche Schafe nackt. Auch der Schäfer lag völlig unbekleidet da, die Beinkleider waren faſt ganz zerriſſen, hingen aber doch noch ſo zuſammen, daß es unbegreiflich ſchien, auf welche Weiſe ſie ſich vom Leibe getrennt haben. Der Stab des getödteten Mannes, unter deſſen Halſe man im Erdboden zwei Löcher bemerkte, ſeine Tabakspfeife und ſeine Hirtentaſche, kurz Alles war zertrümmert und lag einige Schritte von ihm auf einem erſchlagenen Schafe.

Ein wahres Maſſenunglück wurde im Spätſommer 1870 aus dem nordamerikaniſchen Städtchen Kingſton am Hudſon berichtet. Dort wurde eine

Menschenmenge, die sich neben einem Reitercirkus befand, von Blitzen überfallen, und es gab im Nu 5 Todte und nahezu 200 mehr oder weniger ernstlich Beschädigte. Der Cirkus selbst schien keinen andern Schaden genommen zu haben als ein großes Loch, das der Blitz in das Zeltdach gerissen hatte und durch welches nun Ströme von Regen eindrangen. Als aber die Zuschauer das außen stattgefundene Unglück erfuhren und nun eilig ins Freie stürzten, wurde man erst gewahr, daß eine große Anzahl unfähig war zu folgen. Sie saßen wie Bildsäulen, stieren Auges, und konnten nicht ermuntert werden, sondern erholten sich erst später unter ärztlicher Fürsorge.

Die Leitungsdrähte und übrigen Apparate der elektrischen Telegraphen, deren Bedeutung wir im nächsten Kapitel eingehender besprechen, sind durch Blitze mehrfach beschädigt und zerstört worden, was bei den langen bequemen Wegen, welche hier der Elektrizität geboten sind, auch gar kein Wunder ist. Schon aus weiter Ferne her können Gewitterwolken Strömungen in den Drahtleitungen erregen, welche den telegraphischen Dienst stören und unterbrechen. Doch kann man wenigstens das Innere der Telegraphenstationen vor stärkern Entladungen ziemlich schützen durch die Steinheil'schen Blitzableiter. Diese Apparate sind anderer Natur und Einrichtung, als die uns bekannten, und beruhen auf dem Grundsatze, daß die Luftelektrizität gleich der der Maschine Lücken überspringt, die galvanische, in den Apparaten erzeugte dagegen nicht. Man denke sich nun, daß die Drahtleitung, während sie in eine Station einbiegt, zu den Apparaten und wieder heraus geht, zugleich von beiden Seiten her einen zweiten Draht geradeaus fortsendet, diese Stücke also einander entgegenlaufen. Die Enden derselben sind an größere Metallplatten befestigt, und diese beiden Platten stehen sich so nahe, daß der Zwischenraum nur eine Papierstärke beträgt und gewöhnlich auch mit Papier ausgefüllt ist. Hier geht die Elektrizität der Batterie nicht durch, wol aber werden etwaige Ströme von Luftelektrizität überspringen; direkt niederfahrende Blitze freilich dürfen dies nicht sein, denn die schmelzen wol auch den Ableiter.

Die Annahme — denn ausgemacht ist es heute noch nicht, daß bei Hagelwetter die Elektrizität eine große Rolle spiele — führte bald auf den Gedanken, auch die Felder durch Ableiter, also Hagelableiter zu schützen. Man wollte durch eine Menge leitende Stangen, die auf den Feldern aufgepflanzt wurden, der Luft die zur Hagelbildung vermeintlich nöthige Elektrizität entziehen. Diese Ableiterfrage wurde in den zwanziger Jahren unsers Jahrhunderts besonders lebhaft behandelt und der Plan hier und da zur Ausführung gebracht. Es ergab sich indeß, daß die so geschützten Felder gerade eben so verhagelt wurden wie andere; die wissenschaftliche Spekulation war also fehl gegangen, und in unserer Zeit ist von Hagelableitern keine Rede mehr.

Galvaniſche Verſuche an Thieren.

Galvaniſche und Magnet-Elektrizität und ihre Anwendungen.

Unter den Wirkungen, die ſich durch elektriſche Entladungen hervorbringen laſſen, erregten diejenigen auf lebende und ſelbſt todte Thier- und Menſchenkörper im vorigen Jahrhundert mit das meiſte Aufſehen. Die Elektrizität, wenn ſie durch einen lebenden oder auch todten Körper als Leiter geht, zwingt denſelben zu unfreiwilligen Muskelbewegungen. Dieſe Erſcheinungen müſſen für unſere Vorgänger einen ganz beſondern Reiz gehabt haben, denn es wurden ſolche Experimente in Unzahl gemacht und Legionen von Fröſchen, Kaninchen und anderm Gethier fielen ihnen zum Opfer. Auch menſchliche Leichen und Köpfe wurden gelegentlich den Verſuchen unterworfen, nachdem man erſt galvaniſche Batterien

hatte bauen lernen, welche unausgesetzte starke Elektrizitätsströme ausgeben. Ein solches Experiment mit allen seinen Schrecken machte noch 1818 Dr. Ure in Glasgow an der Leiche eines zum Tode verurtheilten Verbrechers, die er ihm bei Lebzeiten selbst abgekauft hatte. Je nachdem die Enden der Leitungsdrähte der eine an einen Nerven, der andere an einen Muskel angesetzt wurde, konnte man die heftigsten Muskelbewegungen des Gesichts und der Augen, so wie verschiedene Bewegungen der Gliedmaßen hervorbringen.

Doch versetzen wir uns zurück in das Jahr 1790 und in die italienische Universitätsstadt Bologna. Dort hatte der Professor Galvani durch Zufall eine Entdeckung gemacht. Er hatte nämlich seiner Frau, die an einem lästigen Husten litt, eine Froschbrühe verordnet. Während er mit der Elektrisirmaschine experimentirte, bereitete einer seiner Gehülfen die Frösche nach den Angaben des Professors zu, was in nächster Nähe der Maschine geschah. Da auf einmal geriethen die todten Frösche in die lebhaftesten Zuckungen. Galvani erkannte bald, daß diese merkwürdige Erscheinung nur eine Ursache der Elektrizität sei, und seitdem machte er emsig mit frisch getödteten Thieren Experimente. Da bemerkte er eine neue überraschende Erscheinung: das präparirte Hintertheil eines Frosches war mit einem kupfernen Haken an ein eisernes Geländer aufgehangen worden; so oft nun aber ein oder der andere Theil des Präparats an das Eisen stieß, geriethen die Schenkel in lebhafte Zuckungen. Hier zeigte sich also eine neue Quelle von Elektrizität; aber nun entstand die Frage, wo sie liege. Galvani suchte sie im Thierkörper selbst, der nach seiner Meinung immer mit den beiden Elektrizitäten geladen sei, die sich durch den metallischen Leiter hindurch vereinigten, und zwar wohne die eine in den Muskeln, die andere in den Nerven. Er verglich den Thierkörper mit einer geladenen Leydener Flasche und nahm also eine thierische Elektrizität an. Er glaubte sogar hinter das Geheimniß des Lebens gekommen zu sein, und seine weiteren Studien wurden von diesem Standpunkte aus geführt. Seiner Anschauung trat aber ein anderer Gelehrter, Volta, entgegen und behauptete, die Elektrizität komme von außen, und das thierische Stück sei nur der Leiter; sie werde rege durch die Berührung der zweierlei Metalle unter sich. Den Beweis führte er, indem er nachwies, daß ein Zink-Kupferstreifen, der am Zinkende in der Hand gehalten wird, während man mit dem Kupfer die Platte eines Elektroskops berührt, dieselbe ladet. Galvani aber erklärte sich hierdurch nicht für widerlegt, sondern zeigte durch Experiment, daß erstlich ein Schließdraht aus einem einzelnen Metall ebenfalls die Erscheinung hervorrufe, wenn auch schwächer, und zweitens, daß auch dieser noch wegfallen könne und gar kein Metall erforderlich sei, denn man erhalte auch Zuckungen, wenn man ein Stück eines Nerven frei mache und ihn mit dem Muskel in Berührung setze. Dies letzte Experiment beweist denn auch aufs Einfachste eine wirkliche thierische Elektrizität. Beide verdiente Gelehrte kämpften sonach mit Thatsachen, und jeder fand seine Anhänger, so daß die ganze gelehrte Welt sich in zwei Lager spaltete und lange getrennt blieb, bis man nach gewonnener höherer Einsicht sich sagen mußte, daß Beide Recht gehabt und nur die Sache von verschiedenen Standpunkten aufgefaßt hatten.

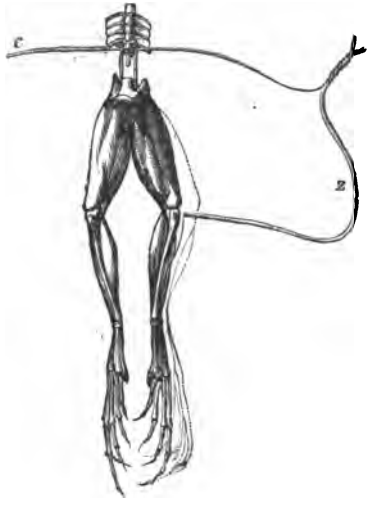
Die Art und Weise, wie man die hintere Hälfte eines Frosches zum Experiment vorrichtet, ist aus umstehender Figur ersichtlich.

Experimente an einer Leiche.

Das Stück wird abgehäutet, oben ein Stück Wirbelsäule frei gemacht und von diesem wieder etwas Rückenmark entfernt, so daß an dieser Stelle nur die beiden Schenkelnerven verbleiben. Hier wird das eine Ende des metallenen Schließbogens, und zwar das kupferne (c) durchgesteckt, und das Präparat ist fertig.

So oft man nun mit dem Zinkende (z) gegen die Außenseite, also den Muskel stößt, machen die Schenkel einen Schneller, und dies läßt sich so oft wiederholen, als das Präparat frisch bleibt. An sich selbst kann man die elektrische Erregung durch zwei Metalle spüren, wenn man eine Kupfermünze auf und eine silberne unter die Zunge legt oder umgekehrt; in demselben Moment, wo man durch einen Druck die Münzen vor der Zungenspitze zum Zusammenstoß bringt, empfindet man ein eigenthümliches Gefühl auf der Zunge und es hinterbleibt für eine Weile ein salzig-metallischer Geschmack.

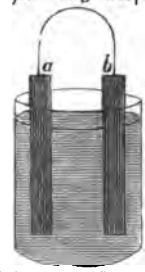
Der über ein halbes Jahrhundert angedauerte Gelehrtenstreit über den eigentlichen Ursprung der galvanischen oder Kontakt- (Berührungs-) Elektrizität hat sich gelegt, nachdem sich ein allgemeiner Gesichtspunkt für die Sache gefunden hat. Wenn sich Stoffe verschiedener Natur berühren, so wirken sie chemisch auf einander ein, was sich in vielen Fällen deutlich nachweisen läßt. Aus der chemischen, den Zustand der Atome verändernden Wirkung folgt die elektrische. Wenn an dem Froschpräparat erstlich zwei Metalle sich berühren, so ist ein Wirkungspunkt gegeben; beide stehen außerdem mit der Luft in Berührung, die immerfort oxydirend auf sie wirkt; die Berührung mit dem thierischen Körper ist eine weitere Erregungsstelle, und schalten wir das eine und selbst beide Metalle aus, so bleibt immer noch die Aufeinanderwirkung der verschiedenen Feuchtigkeiten der Nerven und der Muskeln. Stellen wir einen Zinkstreifen in Wasser, so ist die elektrische Erregung gering, aber nachweisbar; bringen wir dazu einen Kupferstreifen, der das Zink außerhalb des Wassers berührt, so sind die Gegensätze verstärkt und die Wirkung wird deutlicher: das Zink verwandelt sich mit der Zeit in Oxyd. Wird aber außerdem das Wasser mit einer Säure gemischt, so haben wir den höchsten Grad chemischer und damit elektrischer Wirkung: das Zink wird aufgezehrt, d. h. es verwandelt sich in Oxyd und dieses tritt mit der Säure zu einem Salz zusammen. Die Wirkung und Elektrizitätsentwicklung dauert an, bis entweder das Metall oder die Säure aufgezehrt ist. Es besteht also zwischen der galvanischen und der Reibungselektrizität der Unterschied, daß letztere sich augenblicklich entladet, erstere sich dauernd entwickelt, gleichsam beständig fortfließt, und deshalb nennt man diese Bewegung gewöhnlich einen Strom. Wenn man, statt die beiden Metalle sich direkt berühren zu lassen, sie durch einen Metalldraht verbindet, so ändert dies an der Sache nichts, auch wenn der Draht noch so lang ist. Es geht dann ein positiver Strom vom Zink aus, ein negativer vom Kupfer,



Galvanisches Experiment am Froschschenkel.

und beide begegnen sich im Drahte, vereinigen sich und verschwinden. Dieser Kreislauf äußert sich durch nichts; bringt man aber eine schwebende Magnetnadel in die Nähe des Drahtes, so wird sie nach dieser oder jener Seite hin abgelenkt; leitet man den Draht um ein Stück weiches Eisen, ohne daß dieses berührt wird, so verwandelt der Strom dieses für die Dauer seiner Wirksamkeit in einen kräftigen Magneten. Theilt man aber den Draht in der Mitte und schaltet Flüssigkeiten oder andere Leiter ein, so können wir noch eine ganze Reihe chemischer und physikalischer Wirkungen der Elektrizität erhalten, welche später zur Sprache kommen werden.

Elektrizitätserzeugung durch Berührung.



Galvanisches Element. Zink; b. Kupfer.

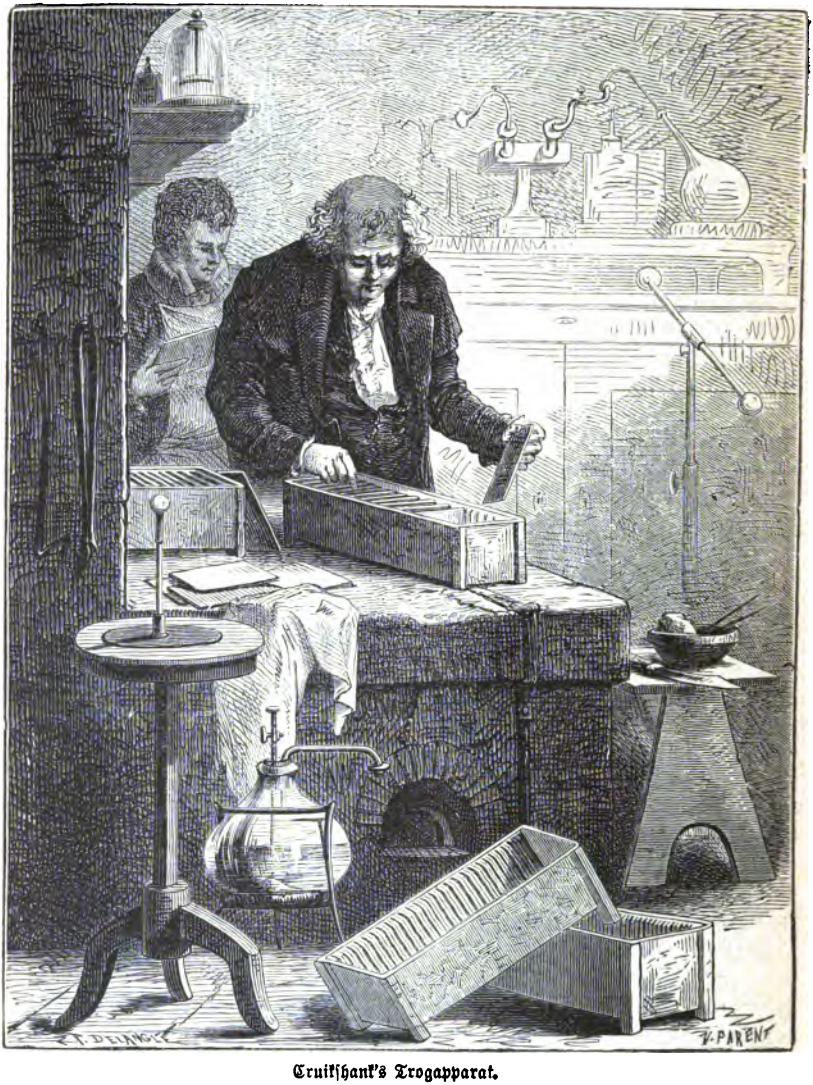
Braucht man starke Ströme, so muß man die Zahl der Elemente oder Plattenpaare vermehren und sie durch Leitungen so verbinden, daß sie als Ganzes wirken. Hiernach konstruirte schon Volta die nach ihm benannte Säule. Dieselbe besteht aus paarweise zusammen gelötheten Platten von Silber und Zink, oder von Kupfer und Zink. Zwischen diesem und dem nächsten Plattenpaare liegt ein Stückchen mit schwacher Säure oder Salzwasser getränktes Tuch oder Pappe, so daß die Reihe Zink, Kupfer, Tuch sich wol 50—100- und mehrmal wiederholt. Begann die Reihe mit dem Zink oder positiven Pole, so muß sie mit Kupfer oder dem negativen Pole schließen. Beide Pole werden durch eine Drahtleitung fortgesetzt; verbindet man die beiden Enden der Drähte, so entsteht der elektrische Strom, unterbricht man aber die Kette ein wenig, so bildet sich zwischen den beiden Drahtenden ein elektrischer Funke.

Die Volta'sche Säule.

Dieser Apparat ist veraltet, da er nicht lange wirksam bleibt, weil die Tuchscheiben nur wenig Flüssigkeit aufnehmen, die überdies durch das Gewicht der Metallplatten zum Theil wieder ausgepreßt wird und weil das entstehende Zinkoxyd sich hindernd auf die Platten legt. Besser sind daher Becherapparate, wie sie entstehen, wenn man obenstehende Figur vervielfacht und die einzelnen Stücke durch Drähte so verbunden denkt, daß immer ein Bügel vom Kupfer des einen zum Zink des nächsten Bechers geht. Das erste und letzte Ende der Reihe giebt dann die im ganzen Apparat erzeugte Elektrizität aus.

In gleichem Sinne wirken die Trogapparate, die zuerst von Cruikshank statt der Volta'schen Säule angegeben wurden und statt des stehenden einen liegenden Apparat bilden. Für sämmtliche Platten ist hier ein einziger großer Kasten vorhanden, der in eine Reihe Fächer (Zellen) abgetheilt ist, in deren

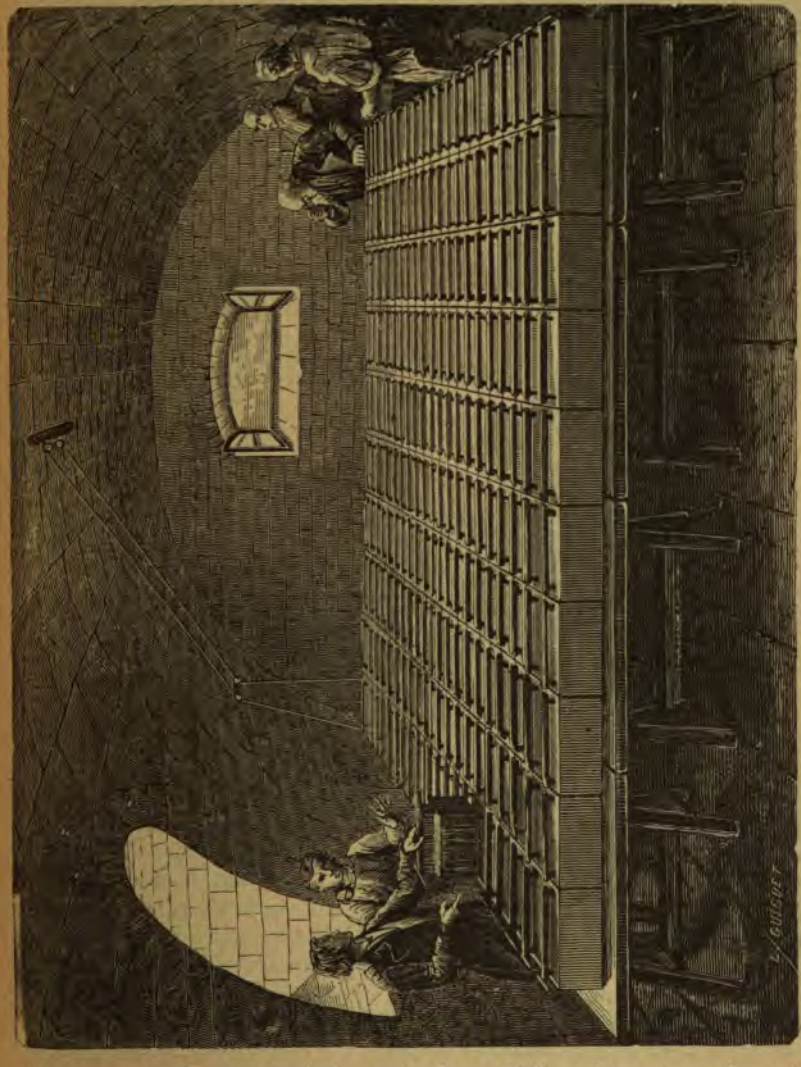
jedem ein verbundenes Kupferzinkpaar steht. Sämmtliche Paare sind oben metallisch verbunden und in die Zellen ist angesäuertes Wasser gegossen.



Cruikshank's Trogapparat.

Wenn die Einrichtung so getroffen wird, daß in die Seitenwände Kerben geschnitten sind, in welche die Platten eingezogen und eingekittet werden, so bilden ihre Zellen selbst, und es sind besondere Scheidewände nicht nöthig.

Da solche Apparate sich in der Anzahl und Ausdehnung der Platten beliebig vergrößern lassen, so hat man es in der Hand, die stärksten Wirkungen hervorzubringen, wie man sie früher kaum an den größten Leydener Batterien kannte.

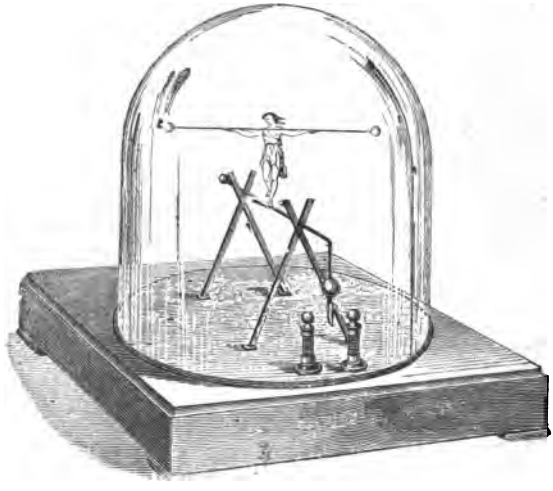


Der Londoner Riesen-Trogapparat.

Wohlgemerkt aber, während dort mit einem Schlage die ganze gesammelte Elektrizität verpufft war, gehen hier die Wirkungen kontinuirlich fort. Die größte jemals gebaute Batterie der Art war wol die in London, welche dem berühmten

Chemiker Davy zu seinen wichtigen Versuchen und Entdeckungen diente. Hier waren 200 Porzellankästen verbunden; jeder enthielt ein System von 10 Plattenpaaren; jede Platte maß 32 englische Zoll Quadrat. Es waren also im Ganzen 2000 Paare vorhanden, und die gesammte metallische Oberfläche betrug 128,000 Quadratzoll. Der in Thätigkeit befindliche Apparat entwickelt so viel Wasserstoff (s. w. unten), daß der Aufenthalt in seiner Nähe gefährlich ist. Er steht daher in einem Keller und sendet seine zwei Leitungsdrähte in ein oberes Lokal.

Gehen wir von diesem schweren Geschütz zum andern Extrem und sehen wir, wie unter anscheinend sehr wenig günstigen Umständen doch noch schwach Wirkungen erhalten werden. Dies ist der Fall in der trocknen Säule von Zamboni, 1810 Professor zu Verona. Dieselbe besteht aus einer Menge, tausend bis mehrere tausend Elemente von Kupfer, Zinn und Papier und wird einfach dadurch hergestellt, daß man von unechtem Gold- und Silberpapier runde Scheiben von $2\frac{1}{2}$ bis 5 Ctmtr. Durchmesser so auf einander legt, daß immer eine Kupfer- und eine Zinnlage sich berühren. Die Zwischenlagen von Papier müssen also den Leiter abgeben. Diese Säule wird in einem Glascylinder aufgeschichtet, zusammengepreßt und dem Cylinder an beiden Enden ein Metallverschluß gegeben.

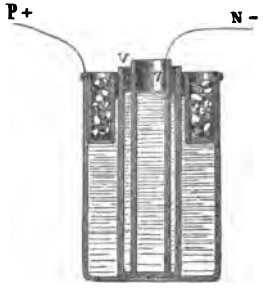


Zamboni'sche Säule.

Macht man die Säule liegend, so führt man von den beiden Enden je eine metallene Leitung nach oben, die in Knöpfen endigen; sonst kann man auch zwei oben geknöpfte Säulen aufstellen und sie unten metallisch verbinden. Zwischen diesen, die nun die Pole sind, wird ein leichtes Pendel aus den uns bekannten Gründen hin und her gestoßen werde . Das sieht aus wie ein Perpetuum mobile und ist doch keins, denn nach mehreren Jahren hört die Bewegung endlich auf, weil die Metalle oxydiren. Man muß den Apparat zur Abhaltung von Luftfeuchtigkeit in einem Glasgehäuse halten. Er zeigt sich zuweilen in den Schaufenstern der physikalischen Instrumentenmacher, und Liebhaber hatten ihn früher auch als Spielwerk in verschiedenen Formen, z. B. wie er eine Seiltänzerfigur in Schwingung setzt, wie das Bild zeigt, bei dem die Säule ins Innere verlegt ist und nur die Pole herausstehen. Erst in der Gegenwart hat die Zamboni'sche Säule eine praktische Verwerthung gefunden, nämlich zur Herstellung des sehr

empfindlichen Elektroskops von Bohnenberger und Fechner, wo die Stelle des Pendels ein feines Goldblättchen einnimmt, das bei der geringsten Spur vorhandener Elektrizität entweder vom negativen oder positiven Pol angezogen wird.

In neuerer Zeit haben die Apparate zur Erzeugung von galvanischer Elektrizität größtentheils eine gerundete Form, indem man aus den benutzten Metallblechen und aus gebranntem Thon Hohlcylinder bildet und sie in gläsernen, steinernen oder unter Umständen auch kupfernen Hohlgefäßen in einander stellt. Nicht durchgängig bilden Zink und Kupfer die Gegensätze und Erreger; an den so viel gebrauchten Bunsen'schen Batterien ist das Kupfer durch Kohlencylinder ersetzt, die am obern Rande nur einen metallenen Ring haben und ganz eben so kräftig wirken wie Kupfer. Sie bestehen aus Kokspulver, das mit ein wenig Theer zu formbarer Masse gemischt wird, die man in Formen preßt und klingend hart brennt. Einige Erfinder von Apparaten haben Zink und Silber, Zink und Platin zusammengestellt; das Zink aber behält stets seinen Platz. Um dasselbe vor allzu heftigem und ungleichmäßigem Zerfressen zu schützen, wird es allgemein amalgamirt, d. h. mit Queckſilber überrieben.



Daniell's Batterie.

Die Zahl der aufgetauchten Konstruktionen und Abänderungen galvanischer Apparate ist eine beträchtliche und beständig melden sich noch neue. Wir können hier nur wenige der gebräuchlichsten erwähnen. Von jedem Apparat wird jetzt verlangt, daß er möglichst konstant sei, d. h. daß seine Wirkungen eine Reihe von Wochen andauern und sich auch nicht abschwächen. Die frühern Konstruktionen konnten das nicht leisten und hatten daher auch nur beschränkte Brauchbarkeit. Ein Haupthinderniß war das Auftreten von Wasserstoff im Apparat. Soll Zink mit der Säure ein Salz bilden, so muß es erst zu Oxyd werden, denn nur dies kann sich mit der Säure paaren. Das Metall zersetzt also zunächst Wasser, oxydirt sich mit dessen Sauerstoff und macht den gasförmigen Wasserstoff frei, der nun Anziehung zu dem gegenüberstehenden Metall resp. Kohle hat und dasselbe mit einer dichten Schicht von Bläschen bedeckt. Die saure Flüssigkeit kommt somit außer Berührung mit dem Metall, die Erzeugung von Elektrizität nimmt ab und hört endlich auf. Soll daher die Batterie konstant sein, so muß der Wasserstoff unterdrückt werden. In der hier abgebildeten Daniell'schen Kupfer-Zink-Batterie geschieht dies durch Anwendung zweier getrennter Flüssigkeiten, nämlich außer dem sauren Wasser noch durch eine Lösung von Kupfervitriol, welcher zugleich noch Krystalle dieses Salzes auf einem Siebboden beigegeben sind. Wenn die Anfangs gesättigte Kupferlösung während der Arbeit des Apparats durch Ausscheidung von Kupfer dünner zu werden beginnt, löst sich ein entsprechender Theil der Krystalle und stellt die Sättigung wieder her. Der Apparat arbeitet nun folgendermaßen. Inmitten ist ein Becher (Zelle) von unglasirtem Thon oder Porzellan, durch welchen also die Elektrizität hindurch wirken kann; er enthält

die saure Flüssigkeit, in welcher das Zink steht. Außerhalb dieser Thonzelle ist die Kupferlösung und dann kommt das Kupfer. Ist nun der Prozeß im Gange, so macht sich der elektrische Strom natürlich auch in der Kupferlösung zu schaffen: der Vitriol wird in seine Bestandtheile, Schwefelsäure und Kupferoxyd, zerlegt, welches letztere aber gar nicht zur Erscheinung kommt, denn der immerfort frei werdende Wasserstoff bemächtigt sich sogleich des Sauerstoffs vom Oxyd und bildet mit ihm Wasser, und statt Oxyd scheidet sich nun metallisches Kupfer aus, das an die vorhandene Kupferplatte anwächst. Bei der Bunsen'schen Zink-Kohle-Batterie wird der Wasserstoff in einer andern Art abgefaßt und unschädlich gemacht. Der inmitten jedes Einzelapparats (Elements) stehende und von Zink umgebene Kohlencylinder ist von obenher hohl, doch nicht ganz durchbohrt: die Höhlung ist mit Sand gefüllt und dieser mit starker Salpetersäure durchtränkt. Die Kohlenmasse ist ebenfalls ein poröser, für Gase und Flüssigkeiten durchdringlicher Stoff. Tritt nun am Zink Wasserstoff auf, so geht er durch die Kohle nach der Salpetersäure und entreißt dieser so viel Sauerstoff, als er braucht, um damit Wasser zu bilden. Durch diese fortgesetzte Einbuße wird die Salpetersäure schrittweise in salpetrige Säure umgewandelt; diese aber ist ein übelriechendes, ätzendes, bösartiges Gas, welches beständig vom Apparat ausdünstet.

Die Grove'sche Batterie stimmt im Prinzip mit der Bunsen'schen überein, nur daß sie statt des Kohlencylinders ein Platinblech hat, das in einem mit Salpetersäure gefüllten Thoncylinder steht. Beide Apparate fallen durch ihre schädlichen Dämpfe lästig und gehören nicht in geschlossene Räume, sondern sind außerhalb zu placiren und nur die Leitungsdrähte nach innen zu führen; oder es muß in anderer Weise für Ableitung der Dämpfe gesorgt werden. Auf Telegraphenstationen sind sie außer Gebrauch gekommen, und es dienen entweder Daniell'sche oder eine der neueren Konstruktionen, an denen, wie schon gesagt, kein Mangel ist. — Wir wollen gleich an dieser Stelle noch Einiges über das elektrische Licht einschalten. Die Lichterscheinung des galvanischen Stromes ist nicht eine einmalige Lichtexplosion, sondern charakterisirt sich durch ihre stetige Ausstrahlung, wodurch sie geeignet wird, praktische Verwendung zu finden. Man muß freilich schon eine ziemlich starke Säule anwenden, wenn man ein genügend starkes Licht hervorrufen will.

Davy hat mit seinem großen Apparate zuerst namhafte Lichteffekte erzielt. Er ließ zu dem Zwecke die Pole desselben in zwei Kohlenenden auslaufen. Näherte er dieselben einander, so berührten sich die Ströme und erzeugten ein Licht, welches die Gestalt eines nach aufwärts gekrümmten Bogens annahm, wenn man die Kohlenenden langsam von einander entfernte, was bis zu einer Entfernung von $47\,^1/_2$ Centimeter geschehen konnte, bevor das Licht erlosch. Letzteres war blendend weiß und zeigte einen bläulichen Saum.

Das elektrische Licht hat eine ganz ungemein starke Leuchtkraft. Man hat gefunden, daß 48 gewöhnliche Kohlenzinkelemente die Leuchtkraft von 572 Wachskerzen zu entwickeln vermögen. Vielfach hat man daher schon daran gedacht, das elektrische Licht zu Straßen- und Wohnungsbeleuchtung zu benutzen, ist aber

dabei doch auf große Schwierigkeiten gestoßen. Es zeigte sich nämlich, daß selbst das stärkste elektrische Licht nicht ausreichend war, auf weite Entfernungen hin in genügender Weise zu wirken. Auf eine Entfernung von 100 Schritt leuchtete es 25mal mehr als gewöhnliches Gaslicht, auf etwa 400 Schritte jedoch nur noch doppelt so stark als jenes. Die Beleuchtung einer Stadt durch elektrisches Licht würde aber nur von Vortheil sein, wenn die ganze Stadt aus einer einzigen Lichtquelle erleuchtet werden könnte. Dies hat sich als unmöglich erwiesen und so ist man denn bald wieder davon abgekommen, das elektrische Licht in der beregten Weise auszunutzen. Auch in geschlossenen Räumen hat die elektrische Beleuchtung sich nicht bewährt.

Dennoch giebt es eine große Anzahl andrer Zwecke, denen das elektrische Licht mit Vortheil dient. Wenn es gilt Bauwerke rasch zu vollenden, so daß man also auch die Nacht als Arbeitszeit mit verwenden muß, kann sehr leicht der ganze Bauplatz durch elektrisches Licht in Tageshelle versetzt werden. Die Westminsterbrücke in London, die Rheinbrücke bei Kehl, der Industriepalast von 1862 und andere große Gebäude wurden zum Theil bei elektrischem Licht gebaut. Weiterhin findet dasselbe Anwendung auf Leuchtthürmen, bei Untersuchungen des Meeresbodens, bei Operationen am menschlichen Körper z. B. in der Rachenhöhle, ferner auf der Bühne (Sonnenaufgang) ꝛc.

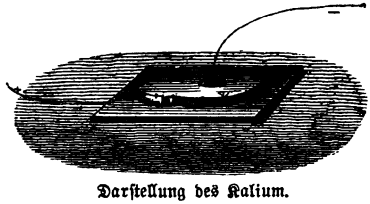
Bevor wir weiter gehen, wollen wir nunmehr einen Blick auf einige chemische Wirkungen des galvanischen Stromes werfen. Derselbe vermag eine Menge zusammengesetzter Stoffe, welche entweder selbst flüssig oder in Flüssigkeiten gelöst sind, bei seiner Durchleitung in ihre Elemente zu zerlegen, und es werden diese dann, je nach ihrer Natur, theils vom negativen, theils vom positiven Pol der Batterie angezogen. Aus diesem Verhalten hat sowol die Wissenschaft die wichtigsten Bereicherungen, als auch die Technik ihren guten und fortdauernden Nutzen gezogen. Der erste Stoff, der durch den Strom einer Voltaschen Batterie zersetzt und in die beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wurde, war das Wasser. Man braucht dazu zwei oben geschlossene Glascylinder, in deren jedem ein Platindraht hängt, der unten mit einer kleinen Platte von demselben Metall endet. Die Drähte gehen gasdicht durch die Cylinderhauben und sind oberhalb so geformt, daß sie an einen Ständer angehangen und mit den Leitungsdrähten einer Batterie durch kleine Schrauben verbunden werden können. Beim Gebrauch füllt man sie mit Wasser, hält die Mündung zu, kehrt sie um und senkt sie in ein Wassergefäß ein. Durch den Luftdruck bleiben sie gefüllt; wird aber der Strom in Gang gesetzt, so beginnen alsbald an beiden Platten kleine Blasen zu entstehen, die nach oben steigen, und in demselben Maße sinken die Wasserspiegel in den Cylindern. Der Sauerstoff entwickelt sich am positiven Pol, der Wasserstoff am negativen; man erhält also beide nicht in Mischung, sondern getrennt, und zwar dem Raummaße nach vom letztern genau das Doppelte des ersteren.

Der elektrische Strom zerlegt aber noch viele andere chemische Verbindungen und dabei auch solche, die früher auf keine Weise zerlegt werden konnten und daher lange Zeit als einfache Körper galten. Dies sind Kali, Natron und gewisse Erden,

Kalk, Baryt, Lithion u. s. w. Sie alle haben sich als Oxyde von Metallen erwiesen, allerdings Metallen, die weder wasser- noch luftbeständig sind, indem sie durch Sauerstoffaufnahme rasch wieder zu Oxyd werden. Sie lassen sich daher auch nicht aus flüssigen Lösungen gewinnen, sondern man muß einen mehr trockenen Weg einschlagen und sie gleich an Quecksilber binden.

Im Jahre 1807 stellte der berühmte Davy zuerst das Metall der Potasche, Kalium, und das der Soda, Natrium, dar. Die übrigen kamen später an die Reihe. Man verfährt dabei so: Ein Kuchen von feuchter Potasche resp. Soda wird auf eine isolirte Platinplatte gelegt und in eine darin angebrachte Vertiefung Quecksilber geschüttet. Der positive Leitungsdraht einer sehr starken Batterie ist mit dem Platin verbunden, der andere wird in das Quecksilber getaucht. Alsbald schwillt dieses auf, wird steifer und sogar ziemlich fest. Man hat somit ein Amalgam von Quecksilber und Kalium, die sich durch Destillation leicht trennen lassen.

Vorhin bei Gelegenheit der Daniell'schen Batterie erfuhren wir, daß der elektrische Strom aus einer Kupfersalzlösung metallisches Kupfer ausscheiden kann. Dort diente diese Metallbildung nur als eine Art Sicherheitspolizei und das Kupfer selbst hatte keinen Zweck. Es lag aber damit nahe, diese Kupferniederschläge zum Selbstzweck zu machen, indem man das Metall über Formen zu gebrauchfähigen Stücken wachsen ließ. Es entstand somit die Galvanoplastik, diese so vielseitig brauchbare technische Operation, brauchbar um so mehr, da die Formen gar nicht von Metall zu sein brauchen, sondern aus Holz und überhaupt jedem Stoff bestehen können, der nur den Aufenthalt in einer sauern Kupferlösung vertragen kann. Solche nicht metallische Körper müssen aber natürlich an ihrer Oberfläche erst leitend gemacht werden, was gewöhnlich durch Anreiben mit Graphit geschieht. Bemerkt sei an dieser Stelle, daß man die Erfindung der Galvanoplastik H. Jacobi in Petersburg und Spencer in Liverpool verdankt, welche, wie es scheint, gleichzeitig und ohne sich zu kennen und mit einander in Verbindung zu stehen, den Gedanken, die galvanische Elektrizität zur Galvanoplastik zu verwenden, faßten.



Darstellung des Kalium.

Galvanoplastische Arbeiten im Kleinen werden auch von Liebhabern nicht selten getrieben, und solange die Sache noch neu war, gab es noch viel mehr solcher Niederschlagskünstler. Zu kleinen Erzeugnissen, wie z. B. Kopien von Münzen, kann man den Apparat schon in einem Trinkglas herstellen. Man braucht dann noch einen engern Hohlcylinder ohne Boden, so z. B. wie man ihn von einem weiten Lampencylinder absprengen kann, giebt diesem durch Ueberspannen mit einem Stückchen Blase, dünnem Leder u. dgl. einen künstlichen, durchlässigen Boden, und trifft dann irgend eine Einrichtung, durch welche dieses Stück in dem Glase schwebend aufgehangen wird. In das Glas kommt konzentrirte Kupferlösung, in den Cylinder verdünnte Säure; beide Flüssigkeiten

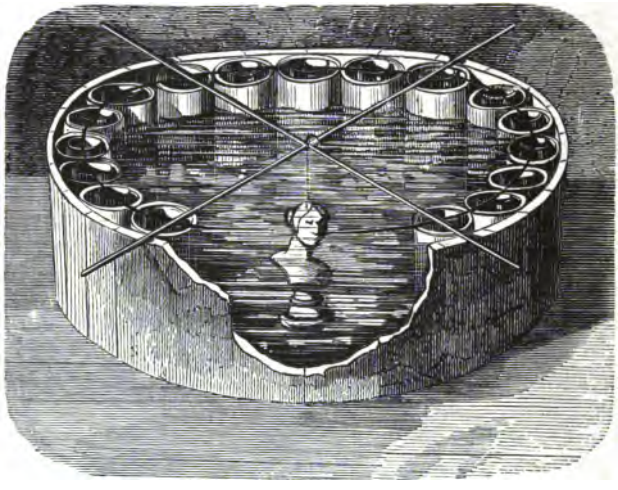
müssen die Blase berühren. An den abzuformenden Gegenstand (Münze) wird ein Draht oder Streifen von Kupfer gelöthet, die Rückseite so wie auch der Draht, so weit er in die Kupferlösung tauchen soll, mit Wachs überzogen; an das andere Ende des Drahtes löthet man ein Stückchen Zink. Beim Zusammenstellen legt man die Münze auf den Boden des Glases, nachdem man den Draht so gebogen, daß er an der Seitenwand heraufgeht, giebt die Kupferlösung hinzu, hängt den Cylinder ein, füllt ihn mit der Säure und schließt dann die Kette damit, daß man das Zink in derselben untertaucht. Es wird sich dann bald der erste Anhauch des jungen, schön fleischrothen Kupfers zeigen. Für größere Sachen, die in den meisten Fällen Platten sein werden, hat man zum Einstellen Kästen mit einer durchlässigen Scheidewand aus Leder, Thonmasse, dünnem Holz u. dgl. Die eine Zelle enthält dann die Kupferlösung und die Form, die andere die Säure und das Zink, ein einfacher Metallbogen, verbindet die beiden Stücke. Oder aber man hat einen getheilten Apparat, eine Bunsen'sche oder andere Batterie nebst einem einfachen Kasten, in welchen nur Kupferlösung kommt. Hier wird die Form, welche den Niederschlag aufnehmen soll, mit dem Leitungsdraht des Zinkpols verbunden und in die Vitriollösung eingehangen, desgleichen als Gegenstück eine leere Kupferplatte, die mit dem Kupferpol verbunden ist und sich aufopfern muß, denn in dem Maße als jenseits Kupfer anwächst, löst diesseits die frei werdende Säure solches auf, und es bleibt somit der Inhalt des Kastens immer gesättigt.

Das folgende Bild zeigt einen Apparat zum Ueberkupfern größerer Stücke. Es giebt aber auch einige Anstalten, welche wirkliches Statuenwerk aus dünnwandigem Kupfer galvanisch erzeugen. Es gehören dazu Hohlformen, bei denen sich das Kupfer an den Innenwänden absetzt. Das Hahnemanns-Denkmal in Leipzig ist ein solches Stück und wurde in Rom gefertigt. Für gewöhnlichere Zwecke dient die Galvanoplastik hauptsächlich den druckenden Künsten. Landkartenverleger schonen ihre gestochenen Kupferplatten, indem sie auf galvanoplastischem Wege eine Gegenplatte und von dieser wieder beliebig viel Druckplatten abnehmen, welche dem Original aufs Haar gleichen. In ausgedehntester Weise aber wird das Kopiren von Holzschnittstöcken betrieben und die Kopien bilden eine sehr gangbare Handelswaare. Hierin liegt es auch, daß so häufig eine und dieselbe Abbildung in verschiedenen Zeitschriften und Büchern wieder anzutreffen ist. Zwar werden die Kopien zum Theil noch in Schriftmasse abgeklatscht (Clichés), aber die Kupferkopien (Galvanotypen, Galvanos) sind weit dauerhafter, geben das Original vollkommener wieder und sind nicht viel theurer. Gewöhnlich preßt man auf den Holzstock eine Platte von Guttapercha, welche die Gravirung sehr schön aufnimmt, und macht sie mit Graphit leitend.

An die Galvanoplastik schließt sich die galvanische Vergoldung und Versilberung von Metallsachen, welche nur ein dünnes sitzenbleibendes Häutchen herstellt. Wie schwach dieses Häutchen ist, erhellt aus dem Umstande, daß man z. B. in Ruhla (Thüringen) mit drei Mark bis 600 Dutzend Pfeifenbeschläge versilbert, so daß also auf ein Dutzend nicht mehr als für 0,72 Pfennig Silber kommt. Mit 5 Gran Gold (Werth $1\frac{1}{2}$ Mk.) kann man 12 Dutzend

ziemlich große Knöpfe vergolden; freilich beträgt dann der Goldüberzug manchmal nicht mehr als $^1/_{100000}$ Centimeter. Der Industriezweig der galvanischen Vergoldung und Versilberung hat bereits eine großartige Ausdehnung erlangt und neuerlich hat man den Prozeß auf manche andere Metalle ausgedehnt, Nickel, Platin, Zinn, Eisen, selbst Legirungen wie Messing und Bronze. Das Eisen schlägt sich spiegelblank und stahlhart aus einer Auflösung von Eisenvitriol und Salmiak nieder; man benutzt dies zur oberflächlichen Verstählung gestochener Kupferplatten.

Wir erfuhren bei der Reibungselektrizität, wie ein geladener Leiter in einem andern, wenn angenähert, gleichfalls elektrische Erregung, die sogenannte Vertheilung bewirkt, so daß also Elektrizität durch Elektrizität hervorgerufen wird, und es liegt nun die Frage nahe, ob nicht ein elektrischer Strom, an einem isolirten Leiter vorüber geführt, auch einen Einfluß äußern werde. Dies ist nun allerdings der Fall. Denken wir uns den



Galvanoplastischer Apparat.

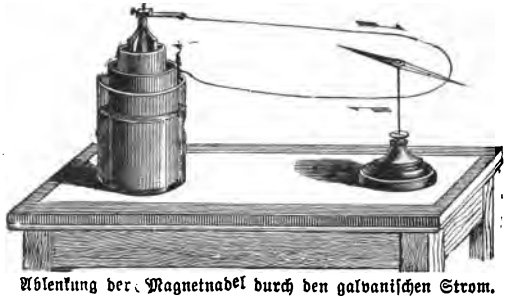
die Kupfer- und Zinkpole verbindenden Draht einer Batterie etwa auf eine nicht leitende Tafel niedergelegt und daneben ein anderes Stück Draht. Der Hauptdraht sei zum Oeffnen und Schließen eingerichtet, z. B. so, daß er durchschnitten, die Enden umgebogen und in ein Schälchen Quecksilber eingetaucht sind. Solange der Strom hier ohne Unterbrechung durchgeht, erfolgt auf den benachbarten Draht keine Wirkung; wird aber der Strom durch Ausheben eines Drahtendes unterbrochen, so durchzuckt ein elektrischer Schlag den Draht in der einen, und im Moment des Wiederschließens ein zweiter in der andern Richtung. Ist der zweite Draht zu einem Ringe gebogen, in welchem noch eine kleine Lücke ist, so springt hier bei jedem Oeffnen und Schließen ein Funke über, denn eigenthümlicher Weise besitzt die solchergestalt — durch Induktion — erzeugte Elektrizität wieder, wie der Blitz und der Funke der Elektrisirmaschine, die Eigenschaft des

Ueberspringens, und eine Induktionsmaschine kann jene alte Maschine völlig ersetzen. Je länger der zu induzirende Draht ist, desto stärker die Wirkung. Man hat ihn daher meist auf Rollen gewickelt, wobei er aber mit Seide übersponnen oder stark gefirnißt sein muß, da die Windungen sich nicht direkt berühren dürfen. Ist nun dafür gesorgt, daß der eigentliche Strom des Apparats, der immer in sich zurückkehrt und nur den Induktionsstrom wecken soll, in rascher Folge immer unterbrochen und geschlossen wird, so kommt auch die Drahtspirale nicht zur Ruhe, sondern entsendet einen Strom, der aus lauter kurzen Stößen besteht. Die Unterbrechungen besorgt der Hauptstrom selbst. In seiner Leitung ist eine Lücke, zwischen welcher eine bewegliche Metallzunge spielt, die in ganz derselben Art hin und her getrieben und gezogen wird, wie wir dies beim elektrischen Glockenspiel und der Zamboni'schen Säule sahen, nur weit schneller. Die Induktionsapparate arbeiten sonach hörbar, mit einem dumpfen Schnurren. Man benutzt sie in kleinem Format gern zu Heilzwecken, da die Induktions-Elektrizität auf den menschlichen Körper viel eindringlicher als andere wirkt.

Elektromagnetismus und Magnetelektrizität.

Wir kommen nun zu dem merkwürdig nahen Verhältniß zwischen Elektrizität und Magnetismus. Die enge Verwandtschaft zwischen denselben ergiebt sich schon daraus, daß sie beide zweipolig auftreten, dann aus der leichten Erweckbarkeit des einen durch das andere. Aber die Elektrizität kann in allen guten Leitern wohnen, der Magnetismus nur in Stahl und Eisen, einem gewissen Eisenerz und allenfalls im Nickel. Der Magneteisenstein ist von Natur magnetisch, was schon im frühen Alterthum bekannt war. Er bildet das beste Erz zur Eisengewinnung; Schweden und Steiermark verdanken ihm die Güte ihres Eisens. In Deutschland kam er seltener vor; aber in neuester Zeit hat man bei Pirna in Sachsen ein ganz gewaltiges Lager gefunden. Bei Alledem giebt es aber keine Magnetberge, außer in der Fabel; das Erz hat in seinem Lager keinen Magnetismus, sondern nimmt ihn erst an der Luft an. Längliche Stücke davon bilden also natürliche Magnete, die viel stärker werden, wenn man sie in Eisen faßt (armirt). Sie werden aber völlig ersetzt durch die künstlichen Stahlmagnete, und jedes Stück Stahl läßt sich durch regelrechtes Streichen mit einem natürlichen oder künstlichen Magnet in einen ebensolchen verwandeln, ohne daß dieser das Geringste von seiner Kraft einbüßt. Ein Magnet also kann andere erzeugen, Hunderte und Tausende, wenn es verlangt wird. Ferner wissen wir also — denn es möchte selten Jemand geben, der nicht schon einen Magneten in Händen gehabt hat — daß, wenn ein Stück Eisen am Magnet hängt, es ebenfalls ein Magnet ist, daß man demselben wieder Eisen und so fortgesetzt anhängen kann, bis die Belastung zu groß wird und Abreißen erfolgt: vom Magnet getrennt, haben dieselben Eisenstücke sofort alle Zugkraft eingebüßt. Die Erfahrung lehrt also: ein Stahlmagnet verwandelt Stahl bleibend, weiches Eisen

vorübergehend in Magnete. Ganz das Nämliche leistet aber auch der elektrische Strom, und daß wir dies wissen, hat uns erst in Stand gesetzt, mit Hülfe der Elektrizität zu telegraphiren. Vor 1820 wußte man kaum Etwas von dem Verhältniß zwischen Elektrizität und Magnetismus, obschon es bekannt sein mußte, daß ein einschlagender Blitz alle Stahlsachen, die sich in der Nähe seines Niederganges befinden, in dauernde Magnete verwandelt. Im oben genannten Jahre nun machte der berühmte dänische Physiker Oersted die Entdeckung, daß eine auf einer Spitze schwebende oder aufgehangene Magnetnadel aus ihrer gewöhnlichen Nordweisung abgelenkt wird, wenn ein elektrischer Strom in einem Drahte neben ihr vorbeigeht. Diese veränderte Stellung dauert so lange als der Strom, und es kommt auf die Richtung desselben an, ob die Abweichung von Nord nach Ost oder nach West zu gehen wird. Wechselt man den Strom, d. h. kehrt man dessen Richtung um, so springt auch die Nadel in die gegenseitige Lage über.



Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.

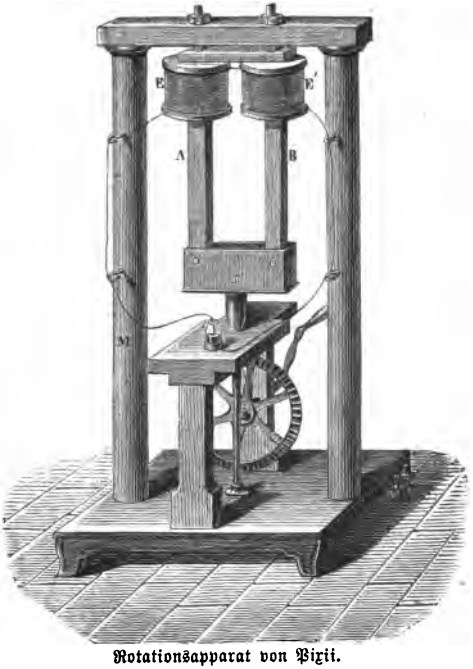
Durch diese Beobachtung erhielt die Magnetnadel, die bis dahin schon als Wegweiser des Schiffers zur See, des Bergmannes unter der Erde unersetzliche Dienste geleistet, eine erhöhte Wichtigkeit. Sie dient nicht nur als Anzeiger, gleichsam als Probirstab überall, wo es elektrische Ströme wahrzunehmen und zu messen giebt, sondern bildet selbst das Hauptstück einer Klasse von Telegraphen (s. u. Nadeltelegraph).

Elektromagnet.

An die Oersted'sche Beobachtung schloß sich bald eine zweite, die nur die Folgerung aus der ersten ist. Wie ein Magnet ein Stück weiches Eisen zum Magneten macht, solange Beide in Berührung sind, so wird ein solches Stück auch ein Magnet, solange es unter dem Einfluß eines elektrischen Stromes steht. Ein solches Stück heißt dann ein Elektromagnet und in den meisten Fällen giebt man ihm auch die gewöhnliche Hufeisenform. Der Leitungsdraht, der dem an sich todten Stücke erst die Seele giebt, ist dann so um ihn geschlungen, wie es die beistehende Zeichnung ergiebt; von einer Seite kommend, geht er um den nächsten Schenkel mehrmals herum, dann zum andern über, um dort eben so viel Windungen zu hinterlassen, und dann weiter. Auch hier müssen Draht und Eisen von einander isolirt sein, entweder durch Uebersponnen des einen oder Einwickeln des andern in eine seidene Umhüllung. Geht nun hier ein elektrischer Strom durch, und dauert er auch nur einen Augenblick,

Oerſted entdeckt die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvaniſchen Strom.

so wird für diesen Augenblick das Eisen ein Magnet, und zwar ein viel stärkerer, als er aus Stahl durch Bestreichen herzustellen ist. Er zieht ein nahe liegendes Stück Eisen an und läßt es, wenn seine Kraft durch Unterbrechung des Stromes verschwunden, wieder von sich. Der Dienst, den uns die Elektrizität beim Telegraphiren leistet, besteht also darin, daß sie in weiter Ferne für uns eine Bewegung ausrichtet: die telegraphische Nadel bewegt sich selbst, der Elektromagnet bewegt ein Anderes. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß, wollten wir statt des Körpers von weichem Eisen einen stählernen in derselben Weise mit dem Strome in Verbindung bringen, derselbe sofort magnetisirt werden würde; aber er wäre nun ein dauernder Magnet, also für telegraphische Zwecke untauglich.

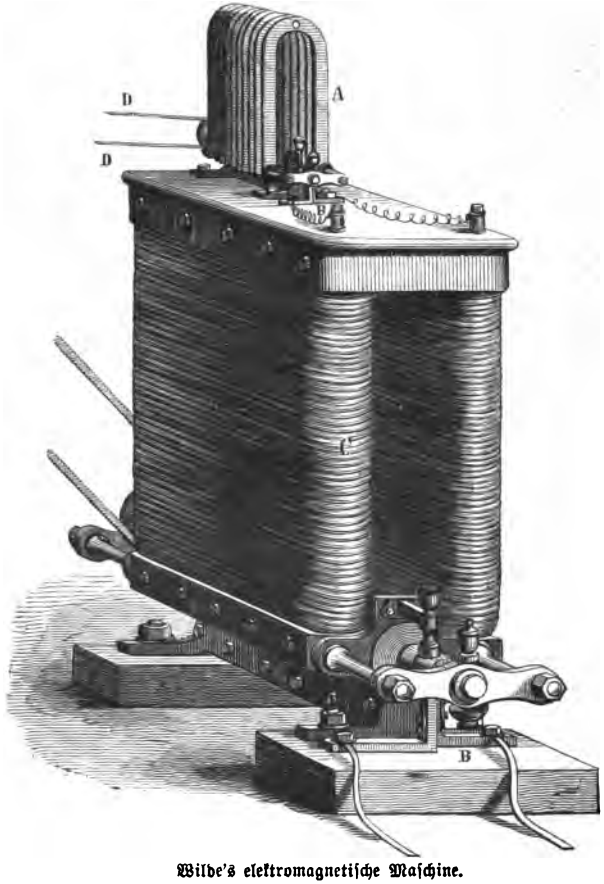


Rotationsapparat von Pixii.

Je öfter ein stromleitender Draht um eine Hufeisenform oder eine schwebende Magnetnadel herumgeführt ist, desto stärker wird die Erregung in denselben, desto stärker zieht der Magnet und desto weiter schlägt die Nadel aus ihrer Ruhelage. Letztere ist also das bequemste Mittel, die Anwesenheit von Strömen sowol zu erkennen als auch ihre Stärke zu bemessen. Die hierzu dienlichen Instrumente nennt man Galvanometer oder Multiplikatoren.

Wir kommen nun zu dem letzten wichtigen Punkte auf diesem Felde, zur Magnetelektrizität, nachdem wir es bisher mit dem Elektromagnetismus zu thun hatten. Der Engländer Faraday hat es 1832 herausgefunden, daß in einem Leiter, welchem ein Magnet genähert wird, ein elektrischer Strom eben so gut geweckt wird als stünde der Leiter mit einer elektrischen Batterie in Verbindung. Es ist also hiermit die Möglichkeit gegeben, Ströme ohne Batterie, ohne allen Aufwand von Zink und Säuren zu erzeugen, nur bedarf man statt dessen einer mechanischen Kraft, welche die abwechselnde Annäherung und Entfernung des Magnets an und von der zu elektrisirenden Drahtwindung bewirkt. Bei kleinen Maschinen ist eine Handkurbel, bei größeren eine Dampfmaschine anwendbar. In Birmingham benutzt man Wasserkraft; ein Mühlrad kann eine Unzahl kleiner Maschinen zum Behuf der galvanischen Vergoldung in Bewegung halten.

Am gebräuchlichsten sind diejenigen Apparate, welche man Rotationsmaschinen nennt, und die umstehend abgebildete von Pixii stellt die älteste Form derselben dar. Es wird hier Annäherung und Entfernung durch einfache Drehung bewirkt. Die beiden Stücke A und B mit ihrer untern Querverbindung sind ein starker Magnet, der sammt dem Zapfen drehbar ist. Die beiden Pole des Magneten reichen oben dicht an das zweite feststehende Hauptstück des Magneten, ohne es zu berühren. Dieses Stück ist ein Elektromagnet, d. h. es besteht aus weichem Eisen und ist auf seinen beiden Armen mit einer Menge Windungen isolirten Drahtes so umgeben, wie wir es schon kennen, also daß dieser aus einem einzigen Stück bestehende Draht erst den einen Eisenkern umwindet und dann auf den andern übergeht. Denken wir uns die Maschine im Gange, also die beweglichen Pole beständig an den ruhenden vorüber gehend, so haben wir bei jedem Umgange zwei Annäherungen und zwei Entfernungen, also viermalige Erregung von Elektrizität. Es stehen sich aber bei einem Umgange einmal die gleichnamigen, einmal die ungleichnamigen Pole gegenüber und daraus folgt, daß die Ströme in jedem solchen Falle ihre Richtung wechseln. Wo dies nicht verlangt wird, dient eine an der Drehungsachse angebrachte kleine Vorrichtung, der Kommutator oder Stromwender, dazu, jeden zweiten Strom umzukehren und in die Richtung des ersten zu weisen. Diese Maschinen haben später verschiedene Umbauten erfahren, die aber im Wesentlichen nichts ändern.



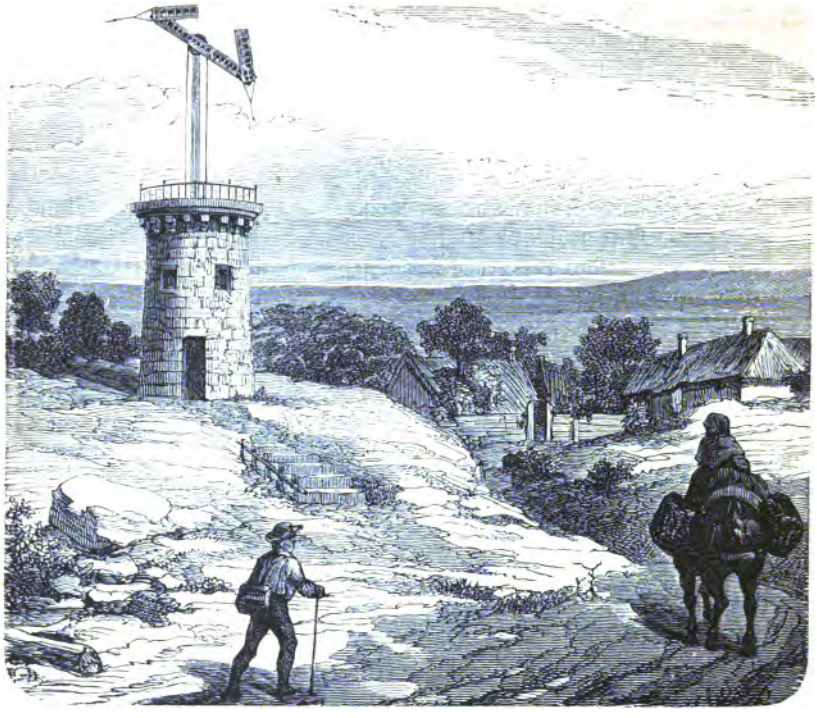
Wilde's elektromagnetische Maschine.

Man hat die Magnete verstärkt, indem man viele dünnere Stahlplatten (Lamellen) auf einander schichtete; weil aber hierdurch dieser Theil zu schwer wurde, so hat man ihn an den neueren Maschinen in Ruhestand versetzt und läßt dafür das Stück mit den Drahtspiralen sich drehen.

Die stärksten derartigen Maschinen hat man zur Erzeugung von elektrischem Licht für Leuchtthürme konstruirt, wo dann für alle Fälle die bewegende Kraft einer Dampfmaschine benutzt wird. Wollte man für diesen Zweck eine galvanische Batterie benutzen, so müßte sie erstlich ungewöhnlich groß und zweitens doppelt vorhanden sein, damit immer eine gereinigt und frisch beschickt werden könnte. Die Rotationsmaschine dagegen steht stets zum augenblicklichen Gebrauch bereit. Im Leuchtthurm gehen die zwei Leitungsdrähte der Maschine bis in die Laterne empor und enden in zwei Spitzen von künstlicher hartgebrannter Kohle, die einander gegenüber stehen und eine kleine Lücke zwischen sich haben. Ist der Apparat im Gange, so füllt sich diese Lücke mit einem in der Nähe für das Auge unerträglichen Licht aus, das meilenweit die Nacht durchstrahlt. Das Uebergehen einer solchen Menge von Elektrizität von einer Spitze zur andern hat aber zur Folge, daß fortwährend feine Kohletheilchen einerseits abgerissen und anderseits angehäuft werden. Hierdurch erweitert sich nothwendig der Raum zwischen den Spitzen, und der Uebergang würde schließlich gar nicht mehr stattfinden, das Licht also verlöschen. Dem ist jedoch vorgebeugt durch ein Uhrwerk, welches die Kohlenenden in dem Maße immer wieder annähert, wie sie sich verzehren. Die zuerst erschienenen Maschinen dieser Art sind so gebaut: Eine drehbare horizontale Welle trägt vier bronzene Scheiben neben einander, und auf jeder Scheibe sind sechzehn Eisenkerne mit ihren Drahtspiralen angebracht. Zu jeder Scheibe gehören acht Magnete, welche in einem Gerüste fest liegen und sternförmig um die Scheiben angeordnet sind. Ein solcher Apparat kostet nun freilich mindestens 6000 Mark, aber er ist auch kaum einer Abnutzung unterworfen.

Eine merkwürdige Maschine hat der englische Mechaniker Wilde in Birmingham aufgestellt, die bei sehr wenig Magneten doch die größten Magnetmaschinen an Wirkung noch übertrifft. Es ist eigentlich eine Verbindung zweier Maschinen. Zu oberst ist ein kleiner Satz dauernder Magnete und ein drehbares Stück (Induktor) von passendem Verhältniß. Dieses Drehstück ist hier nicht ein Arm mit zwei Eisenkernen, sondern hat die Form einer Walze, besteht aus Eisen und Lagen von Kupferdraht und liegt zwischen den Enden des Magnets. Hier wird also ein Strom erzeugt, aber sogleich hinabgeleitet in die zahlreichen Windungen eines großen Elektromagneten und hier so multiplizirt, daß seine nunmehrige Stärke vielleicht das 50fache der ursprünglichen ist. In dem Strome einer solchen Maschine schmilzt Eisendraht von Kleinfingerdicke.

Neuere Verbesserungen und Fortschritte in diesem Fache verdanken wir noch W. Siemens in Berlin, Professor Wheatstone und W. Ladd in England; es möge aber bei dem bisher Gesagten sein Bewenden haben, und wir wollen uns nun zu derjenigen Anwendung der Elektrizität wenden, welche weitaus die wichtigste, segensreichste, im vollsten Sinne welthistorische ist, zur Telegraphie.



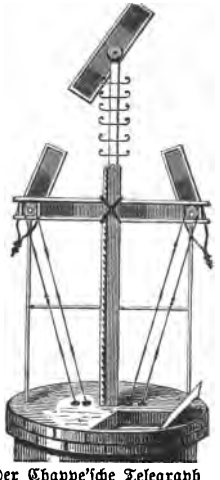
Der alte Lufttelegraph.

Der Telegraph.

Das Bedürfniß, wichtige Nachrichten raſcher in die Ferne zu ſenden, als dies durch laufende oder reitende Boten möglich iſt, wurde ſchon im Alterthum empfunden; man telegraphirte z. B. den glücklichen Ausgang einer Schlacht, Rufe um Hülfe ꝛc. durch Feuerſignale, Poſtenketten, Flaggen, Rauchſäulen u. dgl. Dareios Hyſtaſpes, König der Perſer, ſoll in gewiſſen Entfernungen auf Anhöhen Männer aufgeſtellt haben, welche durch Zurufen („Ohren des Königs“) wichtige Nachrichten mit einer Schnelligkeit weiter beförderten, daß eine ſolche in einem Tage über eine Strecke verpflanzt werden konnte, zu deren Zurücklegung man 30 Tagereiſen gebraucht haben würde. — König Perſeus hatte förmliche Telegraphenlinien, auf denen Nachrichten mittels Fackelſignalen befördert wurden.

Erſt im vorigen Jahrhundert gab man ſich mit Auffindung beſſerer Mittel viel Mühe, zunächſt in Deutſchland Bergſträßer und Baron Buchröder. Zur wirklichen Einführung eines Syſtems der optiſchen oder Lufttelegraphen kam es indeß zuerſt in Frankreich durch Chappe. Dieſelben ſind aber ebenfalls außer Dienſt gekommen und bilden nirgends mehr einen Zug im Charakter einer Landſchaft

Nur auf den Eisenbahnlinien und an den Küsten entlang sind ähnliche Zeichengeber noch im Gebrauch. Man legte auf hochgelegenen Punkten, Bergen oder Thürmen kleine mit zwei Fenstern versehene Gebäude an, aus denen man die beiden nächstgelegenen Stationen der Linie bequem beobachten konnte. Auf dem Oberdeck eines solchen Baues erhebt sich ein senkrechter Mast mit einem Querbalken, der alle möglichen Stellungen annehmen kann und an dessen Ende sich ein beweglicher Flügel befindet, der im Ruhestande eingeschlagen, also nicht bemerkbar ist. Will man aber telegraphiren, so werden Balken und Flügel mittels der Drehvorrichtung in verschiedene Lagen gebracht, durch welche einzelne Buchstaben und bestimmte Gedankengänge zum Ausdruck gelangen. Es befand sich nämlich im Zimmer des Telegraphen eine kleine metallene Nachbildung des äußern Apparats, und von den drei beweglichen Theilen desselben gingen Verbindungsschnüre über Rollen nach den entsprechenden Stücken des kleinen Modells derart, daß jede Stellung, die man diesem gab, auch vom großen Apparat mitgemacht wurde. Von den zahlreichen Variationen in der Stellung der drei Stücke zu einander waren 70 der unterscheidbarsten für den Gebrauch gewählt. Sehr bald erstreckte sich die optische Telegraphie über ganz Frankreich und man konnte in wenigen Minuten eine Nachricht von Paris nach den Grenzen oder umgekehrt befördern. Andere Länder, namentlich Oesterreich, Preußen, England, Rußland folgten dem Beispiele Frankreichs, und die bedeutendste deutsche Telegraphenlinie, auf welcher ein einzelnes Signal nur zehn Minuten von einem Endpunkte zum andern in Anspruch nahm, ging von Berlin nach Köln. Obwol nun aber vermittels der Fernröhre dieses Telegraphiren sehr erleichtert wurde, so blieb es doch immer von dem Wetter sehr abhängig, insofern schon der geringste Nebel oder Regen zwischen nur zwei Stationen die ganze Thätigkeit unterbrechen konnte; auch blieb der Telegraph, lediglich den Regierungen dienstbar, für den allgemeinen Verkehr ohne jeden Nutzen. Die Dienstperiode währte indeß doch ein halbes Jahrhundert. Er leistete für die Bewegungen der napoleonischen Heere in Süddeutschland die wesentlichsten Dienste, weshalb man ihn in Frankreich so lange beibehielt und sich für die elektrische Telegraphie so spät interessirte, während man in Deutschland die große Bedeutung der Telegraphie würdigen lernte und sein Augenmerk dabei auf die Elektrizität richtete. Die ersten elektrischen Telegraphenapparate sind denn auch in Deutschland konstruirt worden.



Der Chappe'sche Telegraph in älterer Form.

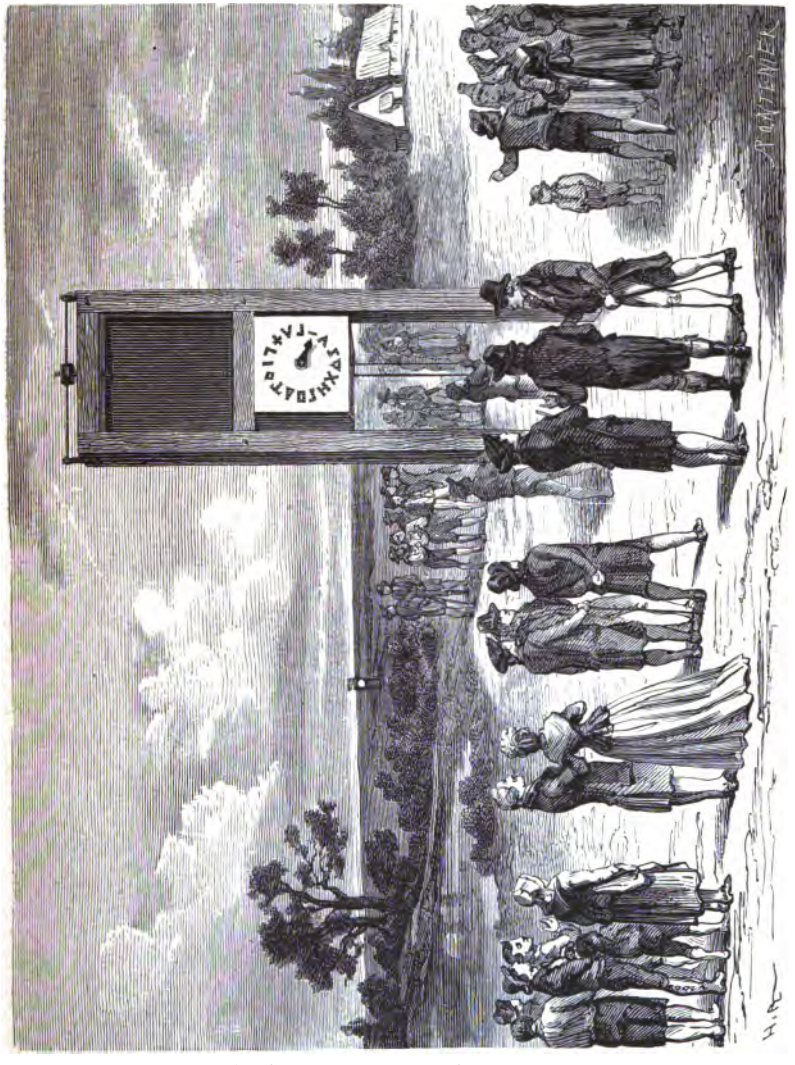
Chappe hatte allerlei andere Systeme versucht, bevor er das zur Geltung gekommene annahm, so u. a. das folgende, das zwischen zwei Stationen in 15 Kilometer Entfernung versucht wurde. Hier war die Grundidee, daß die Stationen mit Uhrwerken versehen sein mußten, die alle einen ganz gleichen Gang hatten. Auch die Zifferblätter waren übereinstimmend mit einem System von

Ziffern oder andern Zeichen versehen. War also der Weiser des Zifferblattes einer Station auf der zu telegraphirenden Chiffer angelangt, so stand er auf der andern ebenda und es bedurfte nur des optischen Zeichens: Jetzt! Dafür war eine große Tafel über dem Uhrwerk vorhanden, die sich in Angeln drehen ließ und auf einer Seite weiß, auf der andern schwarz angestrichen war. Die rasche Umkehrung dieser Tafel zur rechten Zeit war also das, was dem Telegraphenwärter oblag.

Wie sehr treten aber alle solche Vorrichtungen in den Hintergrund gegen das auserwählte Rüstzeug unsers Jahrhunderts, die elektrische Telegraphie, das Vollkommenste, was überhaupt gedacht werden kann, den flinksten Ausrichter unserer Botschaften; denn es ist ja der Blitz selbst, der von uns vermittels der Elektrizität hervorgerufen, gezähmt und auf dem ihm bereiteten Wege entlang gesendet wird. Und nicht mehr blos ein Bote für innere Angelegenheiten ist der elektrische Funke; er schießt im Nu von Land zu Land, von Welttheil zu Welttheil, weder Ozeane noch Wüsten halten ihn mehr auf; ja der Telegraph zieht mit in den Krieg als unschätzbar nützlicher Alliirter. Kein Feldzug wird ferner geführt werden, bei dem nicht mobile Telegraphen zum größten Nutzen für die Operationen mitwirkten.

Es wurde schon früher erwähnt, daß die Versuche, mit Hülfe der Reibungselektrizität zu telegraphiren, ohne Erfolg blieben. Die galvanische Elektrizität versprach Besseres. Im Jahre 1807 konstruirte Sömmering in München einen mit einer starken Volta'schen Säule arbeitenden Apparat, bei welchem 35 Stück 1000, 4000, zuletzt 10,000 Fuß langer Drähte zu eben so viel Wasserfläschchen gingen, deren jedes einen Buchstaben oder eine Zahl anzugeben hatte. Die Angabe bestand darin, daß in dem betreffenden Fläschchen Wasser zersetzt, also Bläschen entwickelt wurden. Dies war noch nicht das Rechte; es mußte erst der Elektromagnetismus entdeckt werden, welcher gestattet, auf weite Entfernungen hin eine mechanische Bewegung zu erzeugen. Bis zum Jahre 1820 galten Elektrizität und Magnetismus für zwei ganz getrennte Dinge; dann aber entdeckte Oersted die nahe Verwandtschaft beider — eine der folgenreichsten Entdeckungen, die je gemacht wurden. Jetzt wurden die Pläne zu den Telegraphen praktischer; Schweigger zeigte, daß die Menge Drähte entbehrlich seien und man mit zweien auskommen könne. Der erste wirklich ausgeführte Telegraph in größerem Maßstabe wurde 1833 zu Göttingen zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Kabinet, in einer Länge von etwa 2000 Meter angelegt. Man konnte 8—20 Buchstaben in der Minute mit voller Sicherheit hin und her telegraphiren. 1835 wurde der Leipzig-Dresdener Eisenbahngesellschaft der Antrag gemacht, diesen Telegraphen auf ihrer Linie einzuführen. Es kam aber damals noch nicht dazu. Der desfallsige Bericht des Leipziger Professors Weber, Bruder des Göttinger, schließt mit den merkwürdigen prophetischen Worten: „Wenn einst die Erde mit einem Netz von Eisenbahnen mit Telegraphenlinien überzogen sein wird, so wird dies Netz ähnliche Dienste leisten, als das Nervensystem im menschlichen Körper, theils die Bewegung, theils die Fortpflanzung der Empfindungen und Ideen blitzschnell vermittelnd." — Und wie außerordentlich schnell ist das in Erfüllung gegangen!

Auf dem nämlichen Wege wie die Göttinger war auch der ruſſiſche Staatsrath Schilling von Canſtatt vorgegangen und bemühte ſich viel um die Einführung ſeines Apparates, ohne einen Erfolg zu erzielen.



Auch ein Chappe'ſcher Telegraph.

Doch wurde er die Veranlaſſung, daß ein Apparat nach England gelangte. Hier wurde die Sache von Wheatſtone in die Hand genommen, der Apparat verbeſſert und in die Praxis eingeführt.

Im Jahre 1837 trat ein bedeutender Förderer in das Telegraphenwesen ein, der Münchener Professor Steinheil. Der Göttinger Apparat war ein Nadeltelegraph, wie auch andere damalige Pläne nur darauf hinausliefen. Die Zuckungen einer, zweier oder mehrerer Magnetnadeln waren die die Buchstaben andeutenden Zeichen. Solche Telegraphen hinterlassen also nichts Dauerndes, und es kommt Alles darauf an, daß der Telegraphist die Zeichen richtig erfaßt und niederschreibt. Diesen Mangel fühlend, hatten die Göttinger an Steinheil das Ansuchen gestellt, er möge den Apparat praktischer zu gestalten suchen. Letzterer traf nun die Einrichtung, daß die Nadeln mit kleinen Farbapparaten versehen wurden, mit denen sie beim Aufschlagen Punkte auf einen Papierstreif absetzten, der durch ein Uhrwerk vorbeigezogen wurde. Außerdem wandte er auch noch hörbare Signale durch Glöckchen an. Die Ströme wurden durch eine Rotationsmaschine erzeugt.

Steinheil hatte namentlich in der Schweiz Gelegenheit, seine Telegraphen auszuführen; er versah dies ganze Land mit einem Telegraphennetz. Eine große Förderung der Telegraphenanlagen leistete er der Welt durch die Entdeckung, daß man nur *einen* Draht aufzuwenden nöthig habe und die Rückleitung dem Erdboden überlassen könne. Außerdem erfand er den Blitzableiter für Telegraphenstationen und den auf weiten Linien nothwendigen Translator, die Vorrichtung, welche eine Depesche selbstthätig auf eine neue Linie überträgt.

Wegen der Unmöglichkeit nämlich, den telegraphischen Leitungsdraht absolut zu isoliren, wirkten die galvanischen Ströme — selbst wo mit Relais gearbeitet wurde (s. später) — nur bis auf eine gewisse Grenze in einer zum Betriebe ausreichenden Stärke. Mit den gewöhnlich benutzten galvanischen Apparaten war diese Grenze bei 50 bis höchstens 70 Meilen erreicht. Sollte nun auf Entfernungen telegraphirt werden, welche diese Grenze überschreiten, so blieb kein anderes Mittel übrig, als die Depesche zunächst bis zu einer innerhalb oder der am Ende der Grenze liegenden Station zu telegraphiren und von da ab in gleicher Weise weiter, bis die Bestimmungsstation erreicht war. Die hierzu bestimmten Stationen, wie solche z. B. zwischen Berlin und Brüssel in Minden und Köln sind, werden *Uebertragungsstationen* genannt. Es liegt auf der Hand, daß dies Umtelegraphiren nicht nur zeitraubend ist, sondern auch leicht Veranlassung zu Irrungen geben kann. Schneller und sicherer mußte die Operation werden, wenn auf der Uebertragungsstation der die Depesche empfangende Schreibapparat selbst die Weiterbeförderung zur nächsten Station ausführt. Steinheil löste diese Aufgabe in dem nach ihm benannten Translator, d. h. Uebertrager.

Den ersten größern Versuch mit der Erdleitung machte Steinheil mit einem Draht von $4\frac{1}{2}$ Meilen Länge. Statt des zweiten Schließungsdrahtes behielt er nur die Enden desselben bei, an welche er auf der einen Station eine große Kupferplatte, auf der andern eine eben solche Zinkplatte löthete und beide in das feuchte Erdreich hinunter versenkte. Die Richtigkeit der Voraussetzung zeigte sich sofort: die Kette war geschlossen und das Telegraphiren konnte vor sich gehen. War man Anfangs der Meinung, daß der galvanische Strom den Weg zwischen zwei viele Meilen weit entfernten Telegraphenstationen durch den Erdboden suche

und finde und hierbei namentlich von den unterirdischen Wässern unterstützt werde, ein Umweg aber bei der großen Schnelligkeit des galvanischen Stroms nicht zu bemerken sei, so erklärt man die allerdings räthselhafte Erscheinung jetzt weit einfacher. Indem die entgegengesetzten Elektrizitäten durch die Erdplatten rasch und vollständig in die Erde abfließen, verschwinden sie gleichsam in diesem großen Konduktor, so daß die in die Ferne wirkende Kraft der Elektrizität ihre Thätigkeit ganz in derselben Weise entwickelt, wie wenn die äußersten Enden der Kette durch einen guten Leiter verbunden wären und die elektrischen Ströme ungehindert hindurchfließen könnten. Diese Ansicht wird durch die Beobachtung wesentlich unterstützt, daß nach der eben beschriebenen Einschaltung der Erde in den Schließungsbogen der Leitungswiderstand nur noch die Hälfte von demjenigen beträgt, welcher bei zwei Leitungsdrähten stattfindet. Wenn nämlich die Erde den Schluß der Kette bildet, so hat der Strom nur den Widerstand zu überwinden, den er bei seinem Durchgange durch das mit der Erdplatte verbundene Drahtende und bei seinem Uebergange aus letzterer in den Boden erfährt. Bei unsern späteren Auseinandersetzungen betrachten wir indessen der Einfachheit halber den ganzen Vorgang so, als sei der Erdboden ein Theil des Schließungsbogens, so daß der Strom wirklich von einer Erdplatte zur andern übergehe.

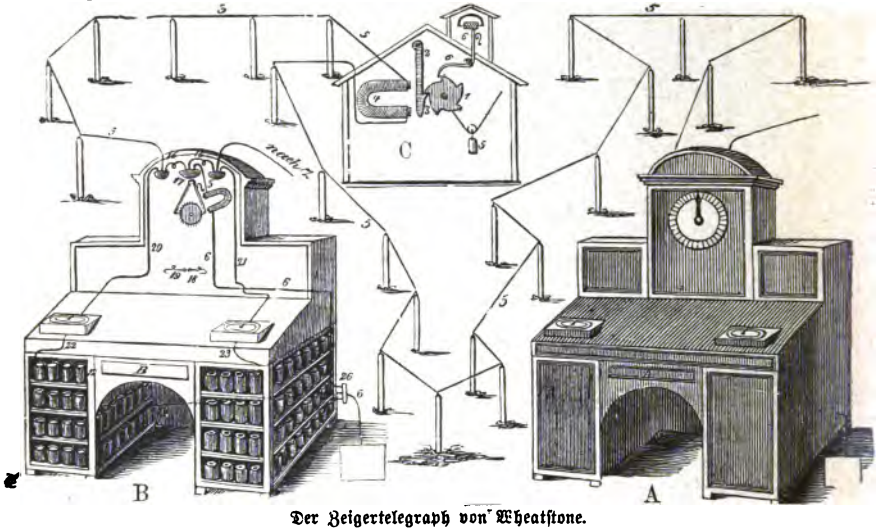
Endlich im Jahre 1839 hatten Davy und Wheatstone in England jeder für sich die glückliche Idee, statt der Nadel einen Elektromagneten anzuwenden, also ein Stück weiches Eisen, um das der Leitungsdraht spiralförmig herumgeht und es für die Dauer des Stroms zu einem Magneten macht. Dieser Magnet zieht nun ein nahes bewegliches anderes Stück Eisen (den Anker) an und läßt es beim Aufhören wieder los, und diese Bewegung wird das Mittel zur Zeichengebung. Zunächst traten die neuen Apparate als Zeigertelegraphen auf, und da diese zum Ausgangspunkt für die späteren Telegraphen dienten, da sie noch jetzt zuweilen im Eisenbahndienst in Gebrauch sind und auch die Signalglocken auf den Bahnlinien noch so wie hier in Gang gesetzt werden, so möge der Wheatstone'sche Zeigertelegraph in seinen Grundzügen hier vorgeführt sein.

In unserer nächsten Abbildung stellt A den Aufgabeort, B den Empfangsort der Depesche dar, gleichviel ob die beiden Endstationen 5 oder 500 Meilen von einander liegen. Dazwischen sollen einzelne Stationen noch eingeschaltet sein, wie es C, ein einfaches Wärterhäuschen, andeutet. Der die Leitung vermittelnde Draht ist mit 5 bezeichnet und auf Stangen von einer Station zur andern fortgeführt. Die Apparate sind auf allen Stationen gleich. A giebt eine Ansicht von der äußern, B eine solche von der innern Einrichtung. Die galvanische Batterie, welche selbstverständlich auch durch einen Rotationsapparat ersetzt werden kann, befindet sich im untern Theile des Arbeitspultes.

Die hauptsächlichsten Bestandtheile des eigentlichen Telegraphirapparats sind in der Abbildung auf Seite 147 etwas größer dargestellt. Daran ist die am Pult bemerkbare zifferblattähnliche Scheibe, welche an ihrer Peripherie 22 Buchstaben — x und y fehlen, für v und w gilt dasselbe Zeichen — und 10 Zahlzeichen trägt, zwischen denen zu oberst und zu unterst Sternchen eingeschaltet sind.

Diese Scheibe führt den Namen Meldescheibe, zum Unterschiede von dem im Aeußern ganz ähnlichen Zeichengeber, welcher auf der Fläche des Pultes angebracht und durch die Hand des Beamten bewegbar ist, während der Zeiger der Meldescheibe nur von der andern Station aus durch Oeffnen und Schließen der Kette gerückt wird.

Der Zeiger sitzt nämlich vorn an einer durch den Mittelpunkt der Scheibe gehenden drehbaren Achse, welche wie die Zeigerachse der Uhren im Innern ein Steigrad hat, in das der Anker 1 (Fig. S. 147) zu beiden Seiten eingreift.

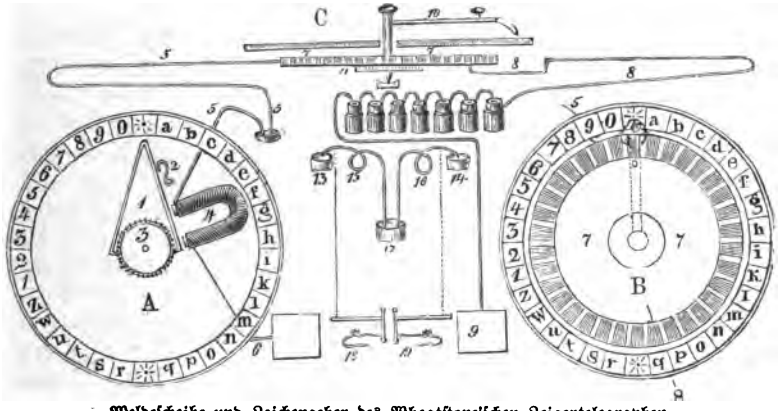


Der Zeigertelegraph von Wheatstone.

Die Zähne des Ankers sind so gestellt, daß immer einer in das Rad greift und dieses also bei der hingehenden Bewegung des Ankers um einen Zahn und ebenso wieder um einen bei der hergehenden Bewegung vorwärts rücken kann. Es wird nun aber jedesmal, wenn ein Strom durch den Draht geht, das Hufeisen 4 magnetisch, der Anker angezogen und das durch ein fallendes Gewicht gespannte Rädchen rückt folglich einen Zahn weiter: wird die Kette wieder geöffnet, so drückt die Feder 2 den rechten Schenkel des Ankers von dem nun nicht mehr magnetischen Hufeisen ab, wobei das Rädchen 3 um den zweiten Zahn vorwärts geschoben wird. Jeder Strom bewirkt also durch Schließen und Oeffnen ein Fortrücken um zwei Zähne, und da das Rad doppelt so viel Zähne hat, als auf der Meldescheibe Zeichen angebracht sind (hier 68), so geht natürlich auch der mit dem Rädchen 3 fest verbundene Zeiger auf der Meldescheibe jedesmal um einen Buchstaben weiter.

Der Beamte in A (Fig. S. 146) hat seinen Zeichengeber rechts vor sich auf der Fläche des Pultes, und durch die vollkommene Uebereinstimmung der inneren Werke ist er sicher, daß genau dieselben Buchstaben auf der Meldescheibe in B angezeigt werden, welche er mit seinem Zeiger berührt.

Die Einrichtung des Zeichengebers ersehen wir aus Fig. S. 147, wo man diesen wichtigen Theil des Apparats sowol von oben (A und B) als im Durchschnitt (C) gezeichnet erblickt. In dieser letztgenannten Durchschnittszeichnung bedeutet 7 eine kupferne Scheibe, deren Umfang 34 Zähne hat, so daß der durch den darauf schleifenden Leiter 5 übertragene Strom 34 mal unterbrochen wird. Die Zwischenräume zwischen den Zähnen sind mit Holz, Horn, Elfenbein oder einer andern ähnlichen, nicht leitenden Substanz ausgefüllt. Der Strom selbst geht aus der Batterie durch den Draht 8 in die kupferne Scheibe und wird also, wenn dieser Schließungsdraht auf einen metallenen Zahn trifft, weiter zu dem Elektromagnet 4 geführt. Nachdem er dessen Windungen durchlaufen hat, strömt er durch den Draht 6 der Erdplatte zu und geht, durch die Erde weiter geleitet und auf der andern Station dann wieder von der Erdplatte 9 aufgenommen, in die Batterie zurück. Jedes Fortrücken des Zeichengebers 10 und damit der Scheibe um einen Zahn entspricht also einem Weiterrücken des Zeigers auf der Meldescheibe um einen Buchstaben.

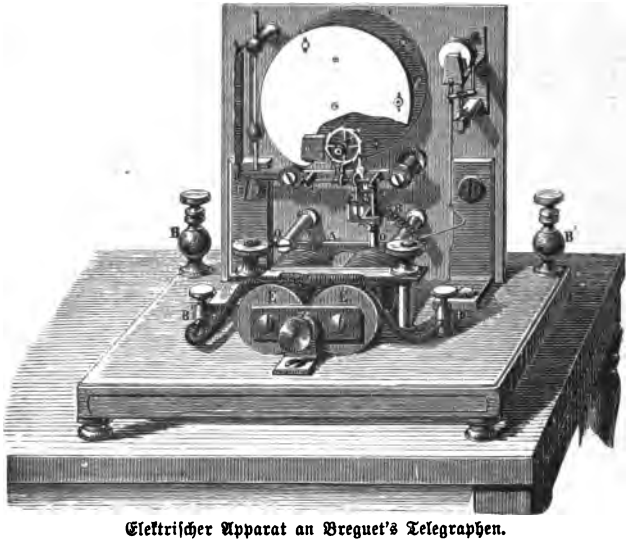


Meldescheibe und Zeichengeber des Wheatstone'schen Zeigertelegraphen.

Wie man aber mit einem telegraphischen Apparat, nach Art des in Figur S. 146 dargestellten, im Stande ist, jeden Augenblick von A und einem andern Orte, den wir C nennen wollen, sowol telegraphische Nachrichten zu empfangen, als auch solche dahin abzusenden, das ist aus der angezogenen Figur ersichtlich. Es tauchen nämlich die von A und C kommenden Drähte 15 und 16 in kleine Quecksilbernäpfchen 13 und 14 (wie sie in Fig. S. 147 deutlicher dargestellt sind); aus diesen führt wieder je ein Leitungsdraht in ein drittes Näpfchen 17, von wo dann der Draht um den Elektromagneten sich windet. Der Magnet kann somit seine Erregung von zwei Seiten her empfangen, und um nach einer bestimmten Richtung hin zu telegraphiren, schaltet man aus dem gemeinschaftlichen Quecksilbernäpfchen nur den betreffenden Leitungsdraht aus.

Uebrigens sind die Apparate noch mit Weckern und andern Hülfsvorrichtungen versehen, auf deren nähere Beschreibung wir uns nicht einlassen können.

An den Zeigertelegraphen zu arbeiten erfordert keine besondere Fertigkeit, und für den Eisenbahndienst sind solche Apparate deswegen von gewissen Vortheilen. Indessen ist die Zeitdauer, welche die Absendung einer Depesche verlangt, verhältnißmäßig groß, da der Zeiger nur in der einen Richtung bewegt werden kann und, um auf einen im Alphabet zurückliegenden Buchstaben zu gelangen, den ganzen Kreis erst durchlaufen muß. Soll z. B. das Wort amor telegraphirt werden, so genügt zwar ein einmaliges Durchlaufen der Meldescheibe; der Telegraphist hält erst auf dem a inne, läßt dann den Zeiger, indem er 11mal den Strom unterbricht, bis m fortrücken und wartet hier wieder einen Augenblick, geht dann zum o und schließlich zum r, immer in derselben Drehung. Wenn aber das umgekehrte Wort roma annoncirt werden soll, so muß er erst das r signalisiren, darauf den ganzen Kreis wieder bis zum o durchlaufen, dann wieder fast einen vollen Umlauf machen, um zum m zu gelangen, und kommt schließlich, nachdem er viermal den Zeiger durch den ganzen Umfang der Scheibe geführt hat, erst mit dem a zum Ende. Deise Beschwerlichkeit hat denn auch ganz besonders dazu beigetragen, den Morse'schen Telegraphen in späterer Zeit eine so günstige Aufnahme zu verschaffen.



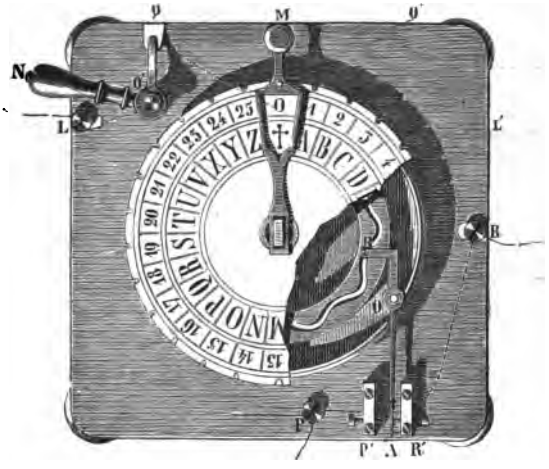
Elektrischer Apparat an Breguet's Telegraphen.

Leicht zu verstehen ist die Einrichtung des Glockenwerks C. Wird der hängende einfache Anker auf einen Moment nach rechts gezogen, so kann ein Zahn des Rades durchgehen und der Glockenhammer erhält einen einmaligen Antrieb.

Es ist übrigens hier eine Bemerkung einzuschalten, die für alle Apparate gilt, welche auf der Anziehung eines Ankers beruhen. Das Aufhören der Elektrizität in dem Hufeisen ist nach erfolgter Stromunterbrechung keineswegs so augenblicklich, daß nicht der Anker noch eine Weile hängen bleiben sollte, wenn er mit jenem direkt in Berührung gesetzt wäre.

Aber dies geschieht auch nicht, vielmehr verhindern ein oder ein paar kleine in den Anker oder den Magnet eingesetzte Messingstifte, die etwa wie halbe

Nadelköpfe hervorstehen, das direkte Zusammenstoßen. In Frankreich ist ein von Breguet konstruirter Zeigertelegraph in Gebrauch, aber nur noch im Eisenbahndienst, denn die Telegraphenämter mußten, als der Morse-Apparat sich verbreitete, ihn ebenfalls annehmen, um nicht außer Verband mit den Nachbarländern zu kommen und weil diese Apparate außerdem noch für die neueren Bedürfnisse viel zu langsam arbeiten. Für den Bahndienst, ferner für Feuerwachen u. dergl. sind die Zeigerapparate ausreichend und haben die gute Eigenschaft, daß zu ihrer Bedienung keine besondere Einübung weiter nöthig ist.



Telegraphirscheibe.

Wir geben von Breguet's Apparat drei Ansichten, ohne uns in die speziellen Einrichtungen desselben zu vertiefen, da ja damit auch nichts weiter wie beim vorigen bezweckt wird, nämlich daß zwei Zeiger, der eine an der Aufgabe-, der andere an der Endstation, genau mit einander fortgehen und stillstehen, also stets einerlei Stellen auf den Scheiben einnehmen. An der Meldescheibe wird der Zeiger, immer rechts herum, mit der Hand gerückt und hat dazu den Griff M; an der Empfangsscheibe geht er allein. Es zieht hier an seiner Welle ein gewöhnliches Gewicht, das ihn bis zum Ablaufen immerfort herumschleudern würde;

Empfangsscheibe.

aber ein von einem Elektromagneten beeinflußter Ankererlaubt ihm nur Schritt für Schritt zu gehen. Die Eintheilung in Felder für die Buchstaben und Ziffern ist natürlich auf beiden Scheiben die nämliche; die oberste Stelle mit dem

Kreuz zeigt den Ruhestand und Schluß einer Depesche oder eines Satzes an. Wie sich denken läßt, wird der Zeiger so weit verschoben, bis der verlangte Buchstabe in dem gefensterten Ausschnitt erscheint; dann muß ein wenig angehalten werden. Ein Beiwerk für Glockensignale, um eine Depesche anzukündigen, hat der Apparat ebenfalls.

Nadeltelegraphen verschiedener Einrichtung von Steinheil, Wheatstone, Bain, Elking waren also die ersten und für eine Zeit die alleinigen. Sie sind im Allgemeinen jetzt durch andere ersetzt und wurden namentlich durch den Morse'schen Apparat verdrängt. In England dagegen sind sie noch häufig in Gebrauch und sind auch, besonders die doppelten, mit zwei Nadeln arbeitenden, ganz gute, rasch fördernde Apparate, nur daß sie keine handgreiflichen Depeschen abliefern und man sich auf die Sicherheit des Telegraphisten verlassen muß. Es werden aber in England sehr jugendliche Personen als solche benutzt.

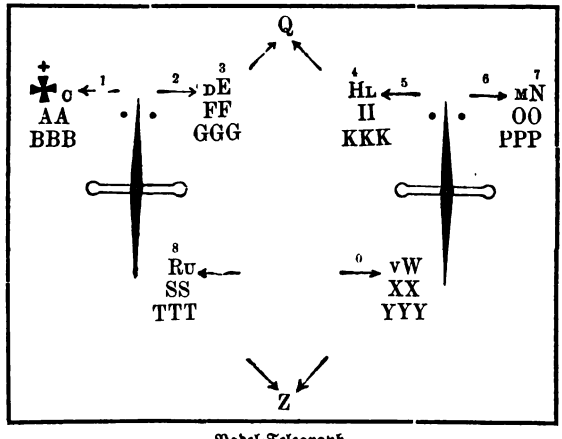
Nadeltelegraph.

Der Apparat des Nadeltelegraphen hat die Form eines Schrankes; an der untern Hälfte arbeitet der Beamte an den zwei senkrecht herabgehenden Schlüsseln, indem er sie fleißig nach links oder rechts verschiebt, wohlverstanden nicht immer mit einander, sondern auch häufig gegen einander. An der obern Partie des Apparats, die umstehend noch einmal größer und deutlicher dargestellt ist, sind die senkrecht hängenden, um ihre Mitte drehbaren Nadeln angebracht, deren Bewegungen der Telegraphist genau zu verfolgen hat, wenn er Depeschen empfängt. So lange er selbst arbeitet, kann dies nicht stattfinden, und das Aufpassen ist jetzt an seinem Kollegen an der entfernten Station; dieser sieht seine Nadeln alle die Stellungen nachmachen, welche diesseits den Schlüsseln gegeben werden, und zwar geschieht dies, infolge der uns bekannten Geschwindigkeit der Elektrizität, im gleichen Augenblick. Sieht man die zwei Nadeln in rascher Folge ihre Bewegungen machen, so wird man sogleich an ein paar zappelnde Fische erinnert. Jeder Buchstabe und jedes andere Zeichen kann nun durch einen oder mehrere schräg gerichtete Striche (Nadelstellungen) ausgedrückt werden, was natürlich mit zwei Nadeln rascher geht als mit einer. Zu den Zeichen \, / z. B. braucht man nur den einen Schlüssel; um aber herzustellen /\, \\, müßte der eine Schlüssel schon zweimal gedreht werden, indeß es mit zweien auf einmal geht.

Der Doppelnadeltelegraph ist eine Verbindung von zwei einfachen; zur Erklärung seiner Einrichtung reicht also einer der letztern hin. Von der Batterie jeder Station gehen wie gewöhnlich zwei Drähte aus, der eine in die Erde, der andere durch die Luft nach der entfernten Station. Hier bildet der Draht in dem Schranke einen Multiplikator, d. h. er ist — übersponnen — in einer Menge von Windungen zu einem ovalen Kranz aufgewickelt und geht von da

ebenfalls in die Erde. Innerhalb des Multiplikators steht senkrecht, wie die äußere, eine Magnetnadel; alle beide sitzen auf einem und demselben liegenden drehbaren Stäbchen fest und machen demnach einerlei Bewegungen. So oft also ein Strom durch die Windungen geht, werden beide Nadeln, oder nach Bedarf nur eine, aus der senkrechten Stellung in eine schräge versetzt. Die äußere Nadel erscheint sonach nur als das Schaustück, ist aber doch etwas mehr. Sie ist ebenfalls ein Magnet, richtet aber nicht denselben Pol wie die innere gegen die Erde, sondern den gegentheiligen. Hierdurch wird der Einfluß des Erdmagnetismus auf die Nadeln beseitigt, so daß sie ungehindert ihre Schwingungen machen können.

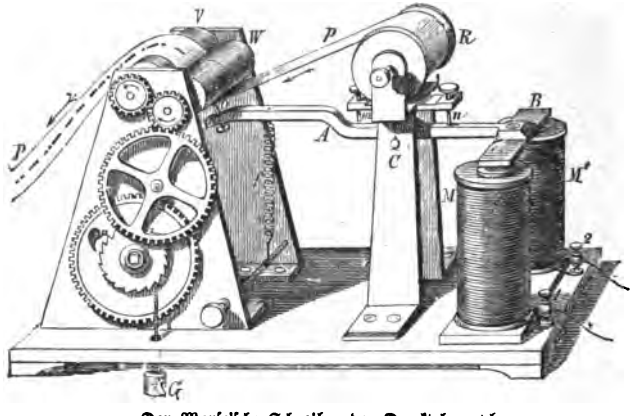
Das Eigenthümliche am Nadeltelegraphen ist, daß mit beiden Strömen abwechselnd telegraphirt wird. Sie haben also neben der Batterie einen in die Leitung eingeschalteten Kommutator oder Stromwender, eine Zusammensetzung aus Holz und Metall, welcher, je nach der Drehung des Schlüssels, einmal die Stromleitung ganz unterbricht, ein andermal bewirkt, daß der negative Strom in die Erde, der positive in die Leitung geht, und in dritter Stellung den Strömen die entgegengesetzten Wege eröffnet. Hängt der Schlüssel gerade senkrecht herunter, so ist der Apparat in Ruhe. Würde man von der Mitte weg immer nach einer und derselben Seite Ausschläge geben, so bliebe auch derselbe Strom in Thätigkeit; sowie aber der Schlüssel über die Mitte weg nach der andern Seite geführt wird, tritt allemal der Stromwechsel ein; der entgegengesetzte Strom aber bewirkt auch eine entgegengesetzte Nadelstellung, so daß die erste und die zweite Stellung sich dergestalt kreuzen ×. Wie man sieht, werden also beim Nadeltelegraphen die Depeschen zugewinkt; da aber Winke nicht hörbar sind, so verlangt der Dienst noch einen Signalapparat mit Glocke zur gegenseitigen Aufmerksammachung.



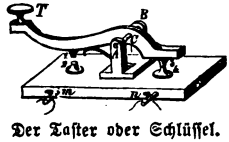
Nadel-Telegraph.

Der Morse'sche Apparat. Dieser bald Schreib-, bald Drucktelegraph genannte Apparat, obgleich er eigentlich weder schreibt noch druckt, ist seit 1836 bekannt und die bestrittene Erfindung des Amerikaners Morse. Etwas Originelles ist daran freilich kaum zu finden, denn alle Theile, auch der laufende Papierstreif, waren schon bekannt. Indeß ist doch die Zusammenstellung früher nicht so gewesen und der Apparat hat für den Dienst gewisse Bequemlichkeiten

die ihm rasch Verbreitung verschafften. Für Amerika ist Morse der unbestrittene Erfinder, weil er zugleich die Telegraphie als etwas Neues dort einführte, nachdem er sie bei zweimaligem Besuche der Alten Welt hatte kennen lernen. Der Apparat, welcher nur mit einem Strome durch zeitweilige Unterbrechungen desselben arbeitet, besteht aus drei Theilen: aus einem Uhrwerk, welches durch ein Gewicht G in Bewegung gesetzt wird und den Papierstreifen pp, auf den die telegraphischen Botschaften oder Telegramme abgegeben werden sollen, von einer Rolle R abwickelt und durch zwei Walzen V und W hindurch zieht, aus dem Schreibhebel AB, der durch einen etwas abgestumpften Stahlstift o unter der Walze W Zeichen, Punkte und kurze Striche in das Papier eindrückt, weshalb diese Walze, gegen die der Schreibstift drückt, mit einer kleinen Rinne versehen ist, endlich aus einem Elektromagnet M, M', welcher in Verbindung mit der Spiralfeder F den Schreibhebel in Bewegung setzt, indem er den Anker B abwechselungsweise anzieht und wieder losläßt. Damit der Anker mit den Eisenkernen nicht ganz in Berührung kommt und zu stark daran haftet, ist eine sogenannte Limitirungsschraube m angebracht, welche den Schreibhebel anhält, wenn sich der Anker dem Eisenkern bis auf eine ganz kleine Entfernung genähert hat; eine zweite Limitirungsschraube n macht, daß, wenn der Elektromagnet zu wirken aufhört, der Anker durch die Feder F nicht zu weit von den Eisenkernen entfernt werden kann. Hiernach bildet der Querbalken A mit dem rechts daran befestigten Anker B einen Wagebalken mit ganz kleinem Ausschlag, der um den Bolzen C seinen Drehpunkt hat. Der Elektromagnet richtet seine Pole nach oben, der Anker wird demzufolge niederwärts gezogen und der Stecher am andern Ende geht aufwärts.



Der Morse'sche Schreib- oder Drucktelegraph.



Der Taster oder Schlüssel.

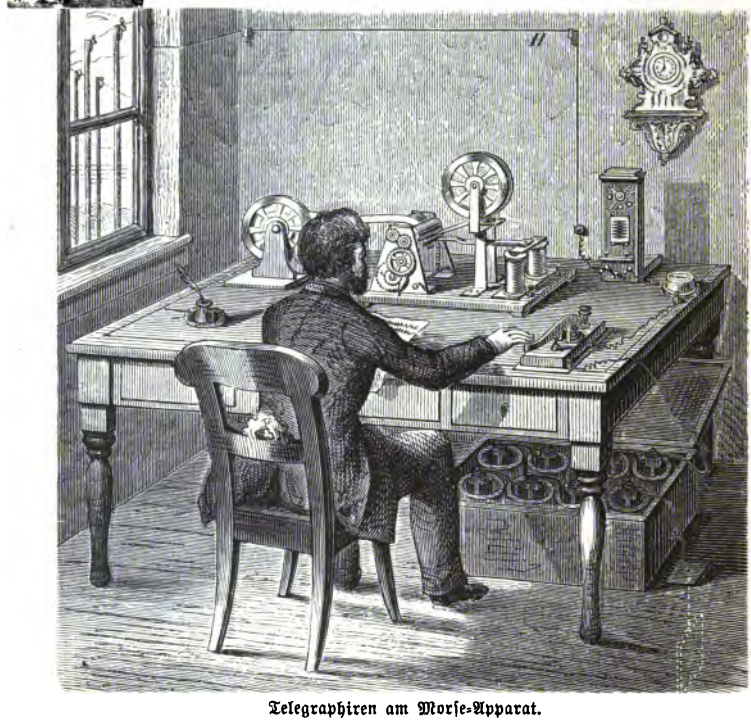
Der Taster oder Schlüssel dient zum Schließen und Oeffnen der Kette. Er besteht aus einem Hebel, der um eine horizontale Achse AB drehbar ist, so daß ebensowol die Metallkegel 3 und 4, als auch 1 und 2 mit einander in Berührung gebracht werden können. Wenn nicht telegraphirt wird, so giebt eine Feder dem Taster die in der Zeichnung angegebene Stellung, in der 3 und 4 ruht.

Der Metallkegel 2 ist mit der Klemme m und 4 mit n durch einen Messingdraht verbunden; von m führt ein Draht zur Batterie, von n zum Elektromagnet und von diesem zur Hauptleitung; von dem messingenen Gestell, das die Zapfenlöcher für die Achse des Hebels enthält, geht eine Leitung zur Erdplatte. Wenn der Taster auf einer Station, z. B. auf der Station II (s. die Abbildung auf S. 155), niedergedrückt wird, so daß bei 3 die Metallkegel in Berührung kommen, so wird die Batterie B′ dieser Station geschlossen und die Spirale des Elektromagnets m der Nachbarstation I in den Schließungsbogen eingeschaltet. Der Strom geht nämlich von dem Kupferelement K′ der Kette B′ durch die Hauptleitung zur Spirale m, von hier durch den Taster 2, T zur Erdplatte E, dann durch das Erdreich zur Platte E′ und endlich durch den Taster T′, 3 zurück zum Zinkelement Z′ der Batterie B′. Einen andern Weg kann der Strom nicht nehmen, weil jede andere Leitung unterbrochen ist; wollte er z. B. von der Hauptleitung nicht durch m, sondern durch B gehen, so wäre ihm durch die Lücke bei 1 der Rückweg abgeschnitten.

Sobald nun der Strom durch die Spirale m hindurchgeht, wird der Schreibhebel ab von dem Elektromagnet angezogen; der Schreibstift a trifft auf den Papierstreifen pp und macht einen Punkt, wenn der Strom nur einen Augenblick geschlossen wird, oder einen Strich, wenn die Schließung so lange andauert, daß sich während derselben der Papierstreifen um eine kleine Strecke, etwa um 1‴, fortbewegt. Durch kürzeres oder längeres Schließen der Kette, d. h. durch einen entsprechenden Druck des Fingers auf den Knopf T, kann also der Telegraphist auf einer viele Meilen weit entfernten Station Punkte und Striche in beliebigem Wechsel hervorbringen, welche von dem dort aufgestellten Telegraphisten sogleich in die gewöhnliche Schrift übersetzt werden.

Die telegraphischen Schriftzeichen des Deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereins sind: A .—, Ä .—.—, B —..., C —.—.—, D —.., E ., E′ ..—.., F ..—., G ——., H ...., I .., J .———, K —.—, L .—.., M ——, N —., O ———, Ö ———., P .——., Q ——.—, R .—., S ..., T —, U ..—, Ü ..——, V ...—, W .——, X —..—, Y —.——, Z ——.., Ch ————, 1 .————, 2 ..———, 3 ...——, 4 ....—, 5 ....., 6 —...., 7 ——..., 8 ———.., 9 ————., 0 ————, Punkt ......, Semikolon —.—.—., Komma .—.—.—, Doppelpunkt ———..., Fragezeichen ..——.., Anführungszeichen .—..—., Ausrufungszeichen ——..——, Apostroph .————., Klammer —.——.—, Staatsdepesche ..., Bahnbetriebsdepesche —..., Telegraphenamtsdepesche .—, Privatdepesche .——., Anruf —.—.—., Verstanden ...—., Unterbrechung ...., Schluß .—.—.—., Warten .—...., Dringend —.., Sehr dringend —...—..; ein Strich = 3 Punkten, der Zwischenraum zwischen zwei auf einander folgenden Buchstaben so groß als ein Strich und zwischen zwei Wörtern so groß als zwei Striche oder 6 Punkte. In diesem Alphabet sind die einfachsten Zusammenstellungen der beiden Elementarzeichen für diejenigen Buchstaben ꝛc. gewählt, welche in unserer Sprache am häufigsten vorkommen, während dagegen diejenigen Kombinationen, welche mehr Zeit und

Raum in Anſpruch nehmen, für die ſelteneren Buchſtaben aufgeſpart ſind. Sollen die Zeichen auf dem Papierſtreifen deutlich ſein, ſo muß der Stahlſtift kräftig angedrückt werden; hierzu ſind aber ſtarke Batterien erforderlich, weil der Strom auf ſeinem langen Wege eine ſehr bedeutende Schwächung erleidet.

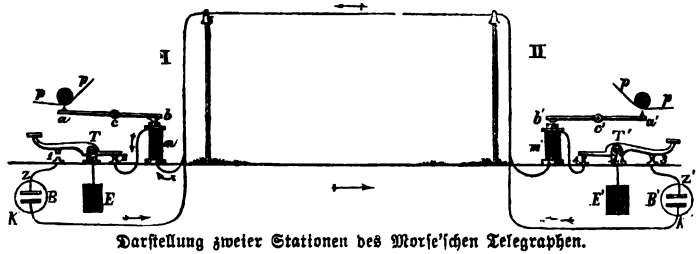


Telegraphiren am Morſe-Apparat.

Um nun nicht allzugroße und koſtſpielige Batterien aufſtellen zu müſſen, iſt die ſinnreiche Einrichtung getroffen, den Schreibapparat durch eine beſondere Batterie, die Lokalbatterie, in Bewegung zu ſetzen und die Haupt- oder Linienbatterie nur dazu zu verwenden, die Lokalbatterie mittels eines Zwiſchenapparats, des Relais (Vorſpann), zu ſchließen, wozu ein nur ganz ſchwacher Strom erforderlich iſt. Die Haupttheile des Relais ſind ein Elektromagnet, der ſeinen Strom von der Linienbatterie erhält, und ein äußerſt leicht beweglicher Winkelhebel, welcher, wenn er vom Elektromagnet angezogen wird, mit einem Drahtende in Berührung kommt und, wenn letzterer nicht wirkt, von einer Feder wieder zurückgezogen wird. Die Lokalbatterie beſteht nur aus wenigen großen Elementen; ſie hat keinen großen Widerſtand zu überwinden, da ihr Strom nur die Drahtſpule des Schreibapparates zu durchlaufen hat.

Iſt die Entfernung zweier Stationen ſehr groß, ſo wird die Linienbatterie einer Zwiſchenſtation eingeſchaltet und die Botſchaft von dieſer friſchen Kette auf

dem zweiten Theil ihres Weges weiter befördert. Soll z. B. von Leipzig über Dresden nach Wien telegraphirt werden, so kommen die Zeichen zunächst in Dresden an, werden aber von hier aus ohne Unterbrechung und ohne die Mithülfe eines Telegraphisten mittels der schon erwähnten Vorrichtung, welche der Uebertrager oder Translator heißt, durch die Dresdener Linienbatterie unmittelbar nach Wien befördert. Diese Einrichtung gewährt neben einer Kostenersparniß auch den Vortheil, daß die Telegramme auf den Uebertragsstationen niedergelegt werden können. — Den Berliner Mechanikern Siemens und Halske ist es gelungen, den Morse'schen Schreibapparat so einzurichten, daß auf einem und demselben Draht von zwei korrespondirenden Stationen gleichzeitig hin und her telegraphirt werden kann, ebenso daß mehrere Depeschen zugleich in einer Richtung abgesandt werden können. Doch scheint dieses sogenannte Doppeltsprechen noch nirgends Eingang in die Praxis gefunden zu haben.



Darstellung zweier Stationen des Morse'schen Telegraphen.

Die ganze Arbeit beim Absenden von Depeschen durch den Morse-Apparat besteht also im Niederdrücken des Schlüssels in kurzen und längeren Zwischenräumen; der Empfangsapparat hat dabei nichts zu thun, steht aber mit einem eingelegten Streifen immerfort bereit. Kommt das Zeichen, daß eine Depesche anlangen wird, so setzt man das Räderwerk und damit den Streifen in Gang, und der Anker fängt an in unegalem oder vielmehr gar keinen Takt auf dem Magnet zu hämmern. Geübte Telegraphisten hören nun schon aus dem Gange des Klopfens die Buchstaben und Worte heraus und brauchen die Signaturen des Streifens gar nicht erst anzusehen. Auf großen telegraphischen Centralstationen werden so viel Menschen und Apparate gebraucht, daß der Telegraphensaal ein Bild gewährt wie das umstehende.

Der Morse'sche Telegragh war von Amerika nicht vollendet herüber gekommen, sondern hat namentlich in Deutschland noch Verbesserungen erfahren.

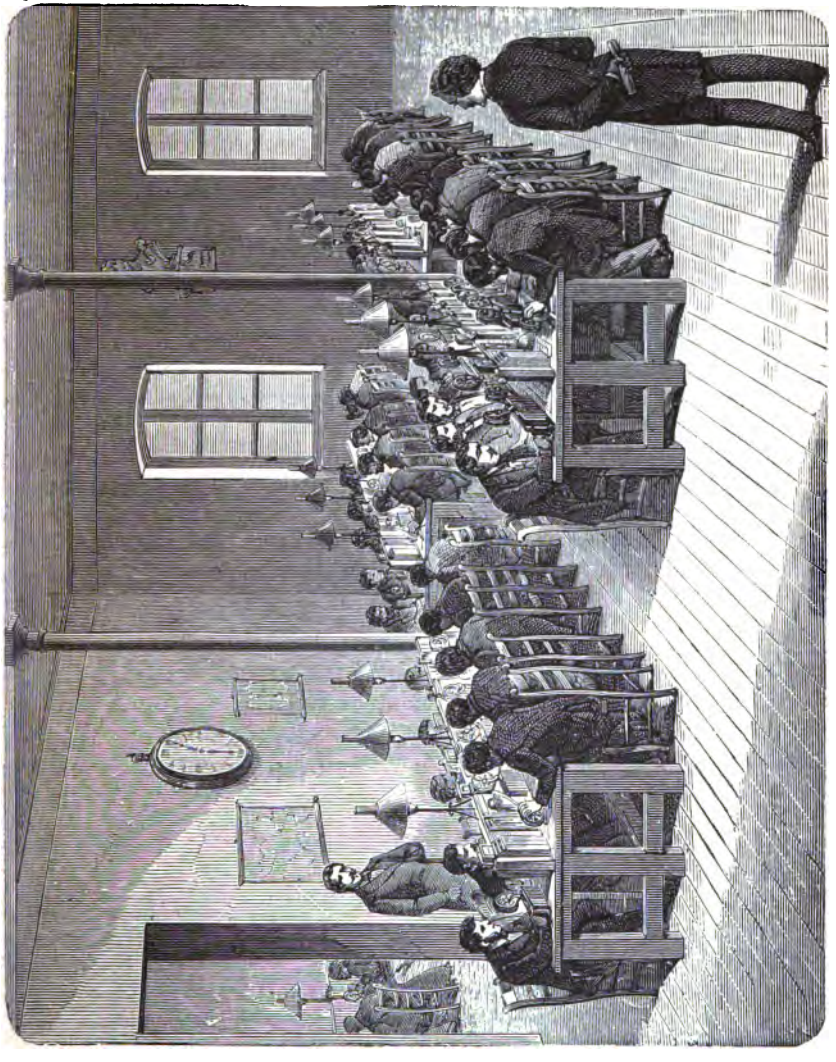
Ein geübter Telegraphist kann in einer Minute 80—100 Zeichen darauf geben, während die besten Zeigertelegraphen es nur auf 40—50 bringen. Nun ist aber eine Maschine ins Leben getreten, welche den Morse noch bei weitem an Schnelligkeit übertrifft und obendrein die Depeschen gleich in wirklichen Buchstaben, lateinischen Lettern, druckt, also zum Ausgeben fertige Streifen abliefert. Es ist dies die Maschine des Amerikaners Hughes (spr. juhs). Apparate, welche wirklich drucken, sind schon konstruirt worden, und es erscheint nicht schwer, nach Art der Zeigertelegraphen ein Rad, welches die Drucktypen auf dem

Umfange hervorstehen hat, so weit zu drehen, bis der gebrauchte Buchstabe zu unterst ist, wo dann ein angedrückter laufender Papierstreifen einen Abdruck empfangen kann. Hiermit, scheint es, wäre man aber nothwendig in das alte langsame Tempo der Zeigertelegraphen zurück versetzt. Um so überraschender aber ist es, den neuen Apparat arbeiten zu sehen. Das Buchstabenrad *rennt* und kennt kein Aufhalten. Der Anker über dem Elektromagnet macht denselben holprigen Gang wie bei Morse, aber *jeder* Klaps bedeutet die Geburt eines Buchstaben, während bei jenem dazu 1—5 gehören. Das Buchstabenrad erhält von einem nebenstehenden gepolsterten Rad, welches mitläuft, die Farbe; unter demselben dreht sich eine andere kleine Scheibe mit weichem Rande, über welche der Papierstreifen gleitet. Gleichzeitig mit jedem Ankerschlag zuckt diese Scheibe nach oben und drückt das Papier an die Type. Daß allemal die richtige sich zu unterst befindet, ist für den Nichtkenner unbegreiflich; einige Konfusion kommt übrigens mitunter vor oder müßte erst ganz neuerlich beseitigt sein. Die Maschine gewinnt immer mehr Eingang und hat in Norddeutschland den Morse von den Hauptlinien schon verdrängt. Auf Nebenrouten, wo man weniger pressirt ist, wird er sich wol halten. Eine schwache Seite des Apparates ist seine große Komplizirtheit; er sieht mit seinem Räderwerk und andern mechanischen Theilen fast einer kleinen Thurmuhr ähnlich. Wir müssen uns daher auch statt aller Auseinandersetzung auf wenige Bemerkungen beschränken. Der Apparat hat zum Hinaustelegraphiren statt des einfachen Schlüssels eine Klaviatur mit 28 Tasten; hier werden also die Buchstaben und Worte geräuschlos abgegriffen. Soll dagegen eine Depesche in Empfang genommen werden, so wird das centnerschwere Treibgewicht der Maschine gelöst und der Mechanismus kommt in Gang. Als Gangregler dient eine metallene liegende Spindel mit verdickter Mitte; erst wenn diese ihre rascheste Drehung angenommen hat, kann das Telegraphiren beginnen. Der Apparat kann ebensowol mit der eigenen Klaviatur angespielt werden, was Besuchern gewöhnlich vorgemacht wird. Der Hughes'sche Apparat kann in der Stunde bis 50 Depeschen à 20 Worte befördern, der Morse kaum halb so viel.

Es hat also ein Amerikaner den andern geschlagen; aber der jetzige Riese war lange ein schwaches Geschöpf; er konnte zu Hause mit seiner fehlerhaften Maschine nichts erreichen und brachte sie nach Europa, wo sie in Frankreich und Deutschland erst noch verbessert und auf ihren heutigen Stand gebracht wurde.

Verweilen wir jetzt noch etwas bei den Drahtleitungen der Telegraphen. Wir sehen diese der Oeffentlichkeit am meisten ausgesetzten Theile sich an allen Eisenbahnen hin erstrecken, denn hier sind sie am besten geborgen; sie gehen aber auch nach kleinen Stationen, die noch nicht in einem Bahnverbande stehen, selbständig an Landstraßen oder auch querfeldein fort. In Ländern wie Rußland, Ostindien, dem westlichen Nordamerika, müssen sich die Drahtlinien sehr häufig auf eigene Gefahr durch Feld und Wald und selbst Wüsten hindurchschlagen. In Amerika befestigt man die Drähte häufig auch an lebenden Bäumen; da letztere im Winde hin und her gebogen werden, so muß eine besondere Art der Aufhängung angebracht werden, damit der Draht durch die Schwankungen nicht leitet. In der Nähe großer Städte sind die Pfosten meist mit einer

überraſchenden Menge von Drähten belaſtet. Bei weiterer Entfernung mindert ſich die Zahl, da einzelne ſich nach verſchiedenen Beſtimmungsorten abzweigen.

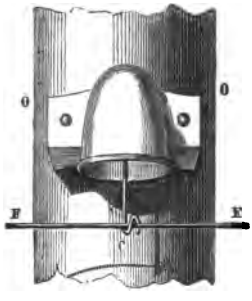


Ein Telegraphenſaal.

Es bleiben nur noch ſolche, die für entfernte Hauptſtationen beſtimmt ſind nebſt Dem, was die Bahn für den eigenen Dienſt braucht. Das Metall zu den Drähten war anfänglich Kupfer, als beſter Leiter, die Dicke meiſtens 2 Millimeter. Indeß ſind dieſe dünnen Drähte nicht ſehr haltbar, zumal da das Kupfer durch die

Elektrizität und Witterungseinflüsse mit der Zeit brüchig wird. Man hat daher jetzt allgemein Eisendraht in Gebrauch genommen und wiegt dessen geringere Leitungsfähigkeit dadurch auf, daß man ihn beträchtlich stärker nimmt, nach Umständen von 3, 4, 5 Millimeter Durchmesser. Das Eisen wird oberflächlich verzinkt; das Zink verwandelt sich bald in Oxyd, und dieses gewährt dem Eisen eine Schutzdecke gegen weiteres Oxydiren.

Bei den ersten Telegraphenanlagen glaubte man die ganze Leitung unterirdisch legen zu müssen, überzeugte sich aber bald, daß man die Drähte sicherer und mit viel weniger Kosten durch die Luft führen kann. Nur in Städten und sonst bei Gelegenheiten, wo mit der Luftleitung nicht durchzukommen, legt man sie so weit als nöthig unterirdisch. Neuerdings scheint man freilich wieder anderer Ansicht geworden zu sein und den unterirdischen Leitungen den Vorzug zu geben; dieselben sind gegen äußere Beschädigungen durch Sturm, böswillige Menschen ꝛc. allerdings gesicherter als die Lufttelegraphen. Unterirdische Leitungen müssen durch isolirende Ueberzüge von Guttapercha, Kautschuk oder dergleichen gut gegen die Erdfeuchtigkeit geschützt sein. Mit Guttapercha und Kautschuk hat man aber die Erfahrung gemacht, daß sie von Mäusen abgefressen werden; es bedarf also dagegen eines weiteren Schutzes. Das gewöhnlichste Verfahren scheint jetzt zu sein, daß man aus kleinen Backsteinen Kanälchen mauert, in welche die außerdem mit einem Ueberzug versehenen Drähte zu liegen kommen. In Paris und London hängt man die Drähte der städtischen Telegraphen so weit möglich an den Decken der Schleußen auf.



Porzellanener Isolator.

Die Drähte dürfen nicht mit den Tragpfählen selbst in Berührung stehen, denn wenn diese durch Regen naß geworden, sind sie gute Leiter und würden die Elektrizität in die Erde entlassen. Man bringt daher Isolatoren an, Stützen aus einer nicht leitenden Masse, gewöhnlich Porzellan, Glas ꝛc., in Glockenform oder anders, von mancherlei Gestalten. Bald hängt man den Draht unter der Glocke an, bald liegt er oben auf, bald schlingt er sich um den Hals einer Glocke u. s. w. Alle diese Vorrichtungen haben denselben Zweck: eine nasse Verbindung zwischen Draht und Holz zu verhindern.

Sind mehrere Leitungen an einer Pfahlreihe angehangen, so können sie nicht beliebig nahe gerückt werden, sondern müssen einen bestimmten Abstand erhalten, da sie sich sonst durch Induktion stören würden. Was das ist, wissen wir, und ebenso was ein Galvanometer. Die Nadel dieses letztern wird, wenn sie an irgend einem Punkte dem arbeitenden Drahte nahe gebracht wird, in Zuckungen versetzt werden. Das Galvanometer ist daher das Mittel, um zu erfahren, wo in einer Linie, die nicht mehr leiten will, die schadhafte Stelle liegt. Man beginnt die Prüfung von der Mitte der Linie aus und findet damit, welche Hälfte der Linie nicht leitet; diese Hälfte wird wieder halbirt und so fort, bis man die schadhafte Stelle ermittelt hat. —

Es ist ein großes, kaum genügend zu würdigendes Geschenk, das uns die Wissenschaft mit der elektrischen Telegraphie gemacht hat. Aber die Wissenschaft selbst hat in zahlreichen Fällen nicht minder großen Gewinn davon. Wir weisen nur darauf hin, daß die Telegraphie wie geschaffen ist und fleißig angewandt wird zur Bestimmung der geographischen Länge, also des westöstlichen Abstandes zweier Erdpunkte. Ferner hat es die Telegraphie möglich gemacht, daß über fast ganz Europa die Sternwarten unter sich drahtverbunden sind und sich täglich über Temperatur, Barometerstand u. s. w. ihrer Gegend benachrichtigen. So wird nicht allein den Wetterkundigen ein beständiger Ueberblick über ein großes Gebiet vermittelt, sondern es können solche Warten, namentlich wenn sie an Seeküsten liegen, öfter noch direktern Nutzen gewähren, indem sie von herannahenden Stürmen und Orkanen Nachricht an die verschiedenen Hafenplätze gelangen lassen. Für das Eisenbahnwesen ist der Telegraph von unendlicher Wichtigkeit, und ohne ihn könnten wir die Schienenwege bei weitem nicht so ausnutzen als es geschieht; denn nur durch die unabläßige telegraphische Verständigung zwischen den Stationen ist es möglich, so viele Züge kurz hinter und gegen einander cirkuliren zu lassen, wie dies auf frequenten Bahnen vorkommt und wie wir es im letzten Kriege in gewaltigster Steigerung gesehen haben. Wie zum Danke gewährt dafür die Eisenbahn dem Telegraphen einen wohlbewachten Weg, den alle Leitungen einschlagen, soweit es immer möglich ist.

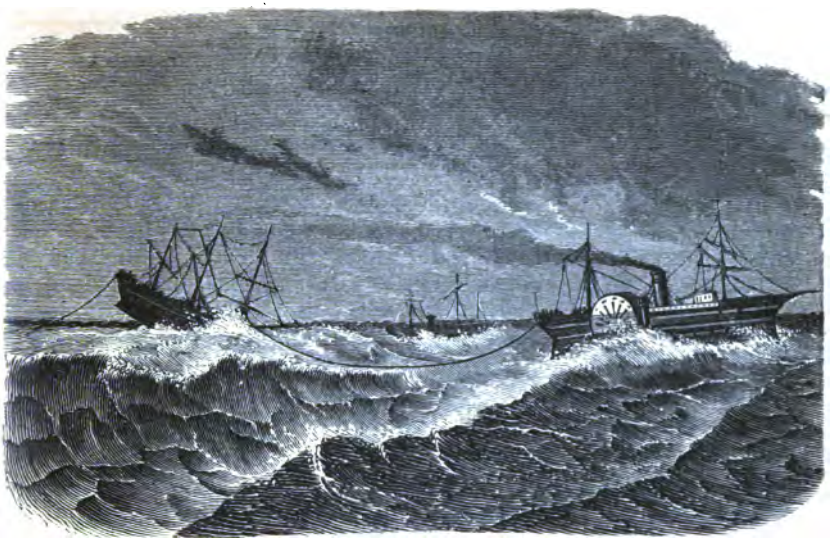
Und wie vielfach der Telegraph in unsern gesammten öffentlichen und Privatverkehr nutzbringend eingreift, Erleichterungen und Bequemlichkeiten schafft, selbst geistige Genüsse fördert und erhöht, liegt uns Allen mehr oder weniger vor Augen. Was würden die Geldbörsen und Handelsplätze beginnen, wenn die gewohnten telegraphischen Kurse, was die Redakteure und Zeitungsleser, wenn die politischen Neuigkeiten dauernd ausblieben! Macht ja schon eine einmalige Stockung Verlegenheit genug. Was wird, seitdem die Telegraphengebühren auf mäßige Sätze herabgegangen sind, nicht Alles durch den Draht übermittelt, Bestellungen, Erkundigungen, Auskünfte, Benachrichtigungen, Begrüßungen, Glückwünsche u. s. w. Selbst Schachspiele werden per Telegraph geführt. Sehr gewöhnlich sichern Reisende sich Nachtquartier oder eine bereite Wirthstafel, indem sie ihre Bestellung vorher telegraphisch an das gewählte Gasthaus oder eine Eisenbahnstation gelangen lassen. Auf einigen Hauptbahnen Frankreichs und Nordamerika's besteht die Einrichtung, daß vom laufenden Zuge aus telegraphirt werden kann. In Frankreich werden eine Stunde vor einem Haupthalteplatz diejenigen Passagiere ermittelt, welche dort zu speisen wünschen, und deren Anzahl voraustelegraphirt. In Amerika hat man es noch bequemer: jeder Reisende erhält beim Lösen der Fahrkarte eine Speisekarte, trifft unterwegs seine Auswahl, giebt die Karte im Telegraphenwaggon ab und erhält dagegen eine Nummer. Bei Ankunft im Speisesaal findet er das Bestellte zum Einbeißen bereit unter seiner Nummer hingestellt.

Bei keiner andern Gelegenheit macht wol das Wirken des elektrischen Telegraphen mehr Eindruck auf das Gemüth, als wenn bei festlichen Versammlungen, wo Reden und Toaste die Stimmung heben, bald von da bald von dort

telegraphiſche Begrüßungen einlaufen und zur Verleſung kommen. Das iſt doch ganz etwas Anderes als ein vorher präparirter Poſtbrief; wir fühlen uns enger verbunden mit unſern fernen Freunden, deren Grüße wir ſo unmittelbar, ſo warm vom Herzen weg empfangen.

Als einmal im fernen Weſten Nordamerika's eine Telegraphenlinie durch Indianergebiet geführt wurde, frug der Oberingenieur einen Häuptling, um ihm einen Begriff von der Bedeutung des Dinges zu geben, ob er nicht Luſt habe, mit ſeinem entfernten Freunde in Unterredung zu treten. Dieſer andere dem Frager bekannte Häuptling wohnte zwei Tagereiſen weiter öſtlich. Der erſte Häuptling gab einen Satz auf, und da der andere bald aufgefunden wurde, ſo erhielt jener zu ſeinem größten Staunen in kurzer Zeit deſſen Antwort. Nunmehr kam es zur Sprache, ob die beiden Freunde nicht eine perſönliche Zuſammenkunft halten wollten, in der Art, daß jeder zu derſelben Stunde von Hauſe abritte und ſie ſich folglich mittelwegs träfen. Auch dies wurde arrangirt und des folgenden Tages mit beſtem Erfolge ausgeführt. So hatten dieſe Beiden nicht nur den Eindruck von etwas ſehr Wunderbarem, ſondern zugleich den Beweis von der großen praktiſchen Nützlichkeit deſſelben. In der That genießt auch der Telegraph einen gewiſſen öffentlichen Reſpekt überall, nicht nur im civiliſirten Europa, ſondern auch bei den amerikaniſchen Rothhäuten, bei den Eingebornen Oſtindiens und den Bewohnern der ungeheuern Landſtrecken unter ruſſiſcher Herrſchaft. Nur für eine Sorte Menſchen iſt der Telegraph verhängnißvoll: das ſind die Durchbrenner mit geraubtem oder unterſchlagenem Gut, die ſich ſchon ſicher fühlen, wenn ſie auf dem Zuge ſitzen, der ſie nach dem nächſten Seehafen bringen ſoll, ohne daran zu denken, daß ihnen auf den Drähten zu ihrer Seite der Steckbrief längſt vorausgeeilt iſt, der ſie auf irgend einem Haltepunkt der Polizei in die offenen Arme führen wird.

Der Dampf trägt unſere Perſonen und Güter durch Land und Meer in einer Geſchwindigkeit, die im Vergleich zu andern Transportmitteln ein *Flug* genannt werden kann; die Elektrizität aber trägt unſere Gedanken in faſt *gar keiner* Zeit in die weiteſten Fernen; ja wir würden mit unſerm nächſten Nachbar bequem durch einen Draht ſprechen können, der um die ganze Erde liefe, wenn wir nur die Leitung vollkommen genug herſtellen könnten. Mit den unterſeeiſchen Kabeln zwiſchen der Alten und Neuen Welt umfaſſen wir ſchon ein Viertel des Erdkreiſes; unſre Landtelegraphen freilich tragen nicht ſo weit und wir müſſen die langen Linien aus Stücken zuſammenſetzen, zwiſchen denen die Depeſchen umzutelegraphiren ſind. Hier wird alſo doch Zeit gebraucht; aber ſie berechnet ſich bei den längſten Linien, z. B. von England nach Oſtindien, doch kaum nach Stunden. Was iſt das gegen die langſame Bewegung der Nachrichten in früheren Zeiten!



Auslegung eines unterseeischen Kabels.

Die Welttelegraphie durch Ozeane und Kontinente.

Im Jahre 1801 brauchte die Nachricht vom Tode des russischen Kaisers Poul I. 21 Tage, um durch Kuriere nach London zu gelangen; 1855, wo schon Telegraphen zugezogen werden konnten, erfuhr man das Ableben des Kaisers Nikolaus zu London in 4 1/4 Stunden. Im Jahre 1866 gelangte der Inhalt der Eröffnungsrede des Nordamerikanischen Präsidenten Johnson nach England in einer Viertelstunde. In früheren Zeiten hatte England mit seinen ostindischen Besitzungen keine anderen Verbindungen als die Schiffahrt; ein Schiff aber war fünf Monate unterwegs. Heute brauchen die Depeschen auf der Linie London-Liebau-Moskau-Teheran-Kalkutta nur 45 Minuten Zeit. Die telegraphischen Depeschen nach Amerika langen dort sogar einige Stunden früher an, als sie aufgegeben wurden; die Londoner Kurse können zu Mittag an der New-Yorker Börse schon angeschlagen sein, während sie in London doch erst Nachmittags um 4 Uhr bei Börsenschluß aufgegeben werden. Daß dies scheinbare Wunder sehr natürlich zugeht und sich dadurch erklärt, daß die Sonne dort um so viel später aufgeht, bedarf wol keiner Auseinandersetzung. Die Elektrizität ist eben viel tausendmal schneller als der Lauf der Sonne.

Auf diese weltumspannenden Bahnen des elektrischen Eilboten, und namentlich auf die unterseeischen Leitungen, wollen wir jetzt unsere Aufmerksamkeit richten. Nachdem man die guten Dienste der Telegraphen im Binnenlande

kennen gelernt, konnte es nicht fehlen, daß man dieselben auch auf Länder auszudehnen wünschte, die durch Meere getrennt sind. Hier galt es nun aber vor Allem, für die Leitungsdrähte eine dauerhafte und vollständig isolirende Umhüllung aufzufinden, damit nicht die Elektrizität in den umgebenden guten Leiter, das Wasser, sich verlieren könne. Es herrscht Streit darum und kann uns wenig kümmern, wo und von wem die ersten Versuche dieser Art gemacht wurden; sie blieben ohne den gewünschten Erfolg, weil man das rechte Isolirungsmittel noch nicht kannte. Das Kautschuk, auf das man zunächst verfiel, versagte völlig; es verändert sich unter Wasser bald und wird dann als Isolator ganz untauglich. Da kam zur rechten Zeit, in den vierziger Jahren, die ostindische Guttapercha zur näheren Kenntniß der Europäer, und in ihr wurde der so eifrig gesuchte Stoff gefunden; denn obwol dieser eingetrocknete Baumsaft nach Ursprung und Beschaffenheit mit dem Kautschuk nahe übereinstimmt, so besitzt er doch vor diesem den großen Vorzug, im süßen wie salzigen Wasser ganz unveränderlich zu sein. Zudem ist er ein ausgezeichneter Nichtleiter. Die Guttapercha ist also der bis jetzt einzige Stoff, welcher das Telegraphiren durchs Wasser überhaupt möglich macht.

Als man so weit war, erfolgte 1851 die Legung der ersten wirklichen Telegraphenleitung da, wo man es hätte vorhersagen können, zwischen Frankreich und England an der schmalsten Stelle des Kanals, von Dover nach Calais. Der Ingenieur Brett hatte das Projekt im Jahre 1850 zunächst ins Auge gefaßt; damals glaubte man allgemein noch nicht an die Möglichkeit des Gelingens. Man hielt das Ganze nur für eine Chimäre und wurde nicht müde, es in öffentlichen Blättern als einen großartigen Schwindel zu verleumden. Der Draht selbst, aus solidem Kupfer gezogen, war mit einer Lage von Guttapercha bedeckt. In Dover angefertigt, wurde er von dort aus in gerader Richtung auf das Kap Gris-nez in den Kanal versenkt, und bald gingen die ersten Depeschen hin und her und bewiesen die Ausführbarkeit der unterseeischen Leitung. Allerdings dauerte diese erste telegraphische Verbindung zwischen unserm Kontinent und dem Inselreich nur wenige Stunden. Ein fleißiger Schiffer, erzählte man sich, der seiner Arbeit oblag, zog plötzlich ein Stück des kaum gelegten Kabels mit in die Höhe, und ganz erfreut über den seltsamen Fund, lief er damit triumphirend nach Boulogne und zeigte es dort als eine neue Art Seegewächs, dessen Inneres mit Gold gefüllt sei. Wahrscheinlich ist der Draht von den scharfen Klippen an der französischen Küste zerschnitten worden. Kurz, man bemühte sich, etwas Dauerhafteres herzustellen und kam auf die Konstruktion eines zusammengesetzten Kabels, welche in der Hauptsache das Vorbild für alle späteren unterseeischen Leitungen geworden ist. In der Mitte liegen vier mit Guttapercha umhüllte Kupferdrähte von der Stärke wie an gewöhnlichen Klingelzügen, dann folgt eine dicke Umhüllung von mit Theer getränktem Hanf und äußerlich eine Anzahl schlank gewundener dicker verzinkter Eisendrähte. Die Abbildung auf S. 164 giebt eine Probe nicht von diesem, sondern von dem ersten Kabel nach Amerika; man sieht aber, daß ungefähr derselbe Plan befolgt worden ist, nur sind statt einfacher Eisendrähte aus sieben Drähten gedrehte Litzen angewandt und die eigentlichen kupfernen Leitungsdrähte, die in einer dreifachen Guttaperchahülle liegen,

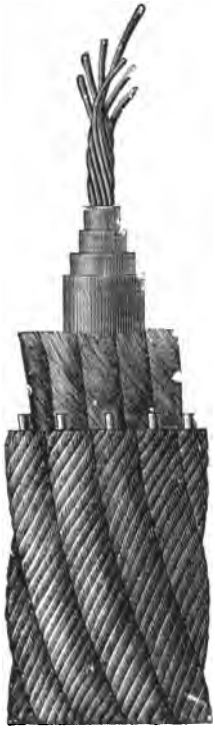
sind auf sieben gebracht. Nun ist aber wohl zu beachten, daß diese Drähte auch unter sich gut isolirt sind und man also eine siebenfache Leitung zur Verfügung hat, indem immer nur ein solcher Draht auf einmal in Gebrauch genommen wird. Hiernach ist es zu verstehen, daß von Deutschland aus eine direkte Verbindung mit Amerika hergestellt werden soll, die nur einer Leitung bis zur englischen Hauptstation bedarf. Von dort gehen die Depeschen auf einem gepachteten Draht weiter.

Der ersten unterseeischen Telegraphenverbindung folgten in Europa bald andere Linien. Irland wurde mit England, Italien mit Korsika verbunden, und Dänemark legte bald zwischen den größeren Inseln seines Reiches ebenfalls unterseeische Stränge. Die Verbindungen Englands mit dem Festland erhoben sich mit der Zeit auf sieben oder acht. Inzwischen ging man auch in Amerika an die Legung submariner Drähte und stellte zunächst ein unterseeisches Telegraphennetz her zwischen dem Kap Ray auf der Insel New-Foundland und dem Kap Breton, sowie zwischen der Prinz Edwards-Insel und Neu-Braunschweig. Auf diese Weise war die Insel New-Foundland mit dem Festland von Amerika verbunden, und die Amerikaner konnten hiernach die Nachrichten aus Europa schon 3—4 Tage früher als vorher erhalten. Amerikaner waren es auch, vor Allem Cyrus Field, welche die Anlage eines Kabels durch den ganzen Ozean am eifrigsten betrieben.

Die Legung unterseeischer Taue bietet, sobald nur eine günstige Jahreszeit gewählt wird, auf weniger langen Strecken und in minder beträchtlichen Wassertiefen nur geringe Schwierigkeiten. Vom Hintertheil des Schiffes aus wird das zu versenkende Tau mittels eines Rades hinabgelassen, wobei die Abwicklung gewöhnlich über einer großen gußeisernen Trommel vor sich geht. Man kann dabei nicht selten das Kabel sich selbst überlassen, da sein eigenes Gewicht den regelmäßigen Ablauf bei entsprechender Geschwindigkeit des Schiffes zu sichern pflegt. Zur richtigen Einhaltung des Kurses geht dem Kabelschiff, auf welchem der Kompaß wegen der angehäuften Eisenmenge an Sicherheit verliert, ein anderes Fahrzeug als Leiter voraus.

Bei ruhigem Wetter, wenn alle Vorbereitungen gehörig getroffen sind, ist der Vorgang der Versenkung eines Telegraphentaues, wie gesagt, sehr einfach. Bei stürmischer Luft aber, wenn infolge der heftigeren Schwankungen sich die Mannschaft auf dem Schiff nur mit Mühe aufrecht zu erhalten vermag, wenn plötzliche Finsterniß hereinbricht und die genaue Ueberwachung des abrollenden Taues unmöglich ist, kommt das Kabel leicht in Unordnung, und die Gefahr eines Bruches tritt um so näher, wenn außerdem noch der Meeresboden ungewöhnlich tiefe Stellen bietet, infolge deren das Tau oft plötzlich mit einer rapiden Beschleunigung hinabschießt, aller Bremsversuche spottend. Dann wird nicht selten der Kurs verloren, und das Kabel muß, wenn es nicht schon vorher von selbst gerissen, verlassen, d. h., um Schiff und Mannschaft zu retten, auf offener See gekappt werden. Alle diese Gefahren und Schwierigkeiten nehmen natürlich, je weiter der Weg, je schwerer das Gewicht des zu versenkenden Taues und je tiefer der Meeresboden ist, an Bedeutung zu, und es bedarf dann der sorgsamsten Vorbereitungen für alle Fälle, der umsichtigsten Leitung in den Stunden der Noth und Gefahr. Auch bei ruhigem Wetter ist die Arbeit des Auslegens eine

spannende und die größte Aufmerksamkeit erheischende, wenn man große Meerestiefen unter sich hat. Denn dann ist der frei im Wasser hängende Theil des Kabels so enorm schwer und zieht so gewaltig, daß starke und künstliche Bremsen in Anwendung kommen müssen, die es nur allmählich entlassen und die ebenfalls leicht in Unordnung gerathen können. Uebrigens braucht das Verlassen eines Kabels nicht dessen Verlust zu bedeuten; man verbindet dessen Ende mit einer starken schwimmenden Boje, die es empor hält, nimmt es in ruhiger Zeit wieder an Bord und spleißt es mit dem Uebrigen zusammen.



Probe des ersten europäisch-amerikanischen Kabels.

Die Legung des ersten Kabels nach Amerika war besonders reich an allerlei Wechselfällen und noch erschwert dadurch, daß man es mit einer ganz ungewohnten Aufgabe zu thun hatte. Wir wollen auf die Geschichte dieses Unternehmens näher eingehen, denn es ist von hohem Interesse, zu verfolgen, wie dieses großartigste Unternehmen der Neuzeit verschiedene Phasen durchlaufen mußte, wie es bald fehlschlug, bald einmal gelungen schien und doch wieder mißglückte, bis dasselbe endlich, nach hinreichend gewonnenen und weislich benutzten Erfahrungen, durch die letzten großen Anstrengungen mit einem überaus günstigen Erfolge gekrönt wurde. Als nach wiederholten Unfällen im Jahre 1858 ein Interessent, Namens Perdonnet, den näher betheiligten Crampton mit seinen Zweifeln an einem glücklichen Ausgange und mit der Frage bestürmte, was nach einem abermaligen Mißlingen geschehen würde, antwortete der Letztere einfach:

„Wir werden es noch einmal versuchen."

„„Und wenn Sie auch diesmal keinen Erfolg haben?

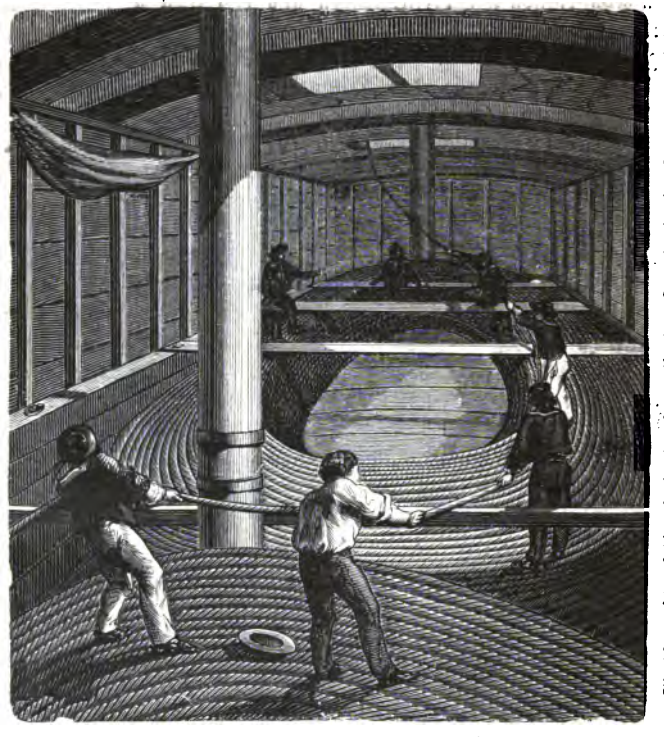
„So werden wir es wieder und immer wieder versuchen, bis wir endlich einen dauernden Erfolg errungen haben."

Dies ist mit einem Worte die ganze Geschichte der atlantischen Kabellegung, bei welcher freilich noch ganz andere Schwierigkeiten zu überwinden und ganz andere Erfahrungen, als sie die Geschichte der gewöhnlichen submarinen Leitungen bot, zu verwerthen waren. Zwei große Abschnitte können wir in der Ausführung des atlantischen Telegraphen unterscheiden. Der eine erscheint gleichsam wie die Ausführung eines großen Experiments, das den glücklichen Ausgang des zweiten sicher stellt, und in beiden Fällen war eine doppelte Expedition erforderlich, deren jede ein Jahr für sich in Anspruch nahm. Nachdem Cyrus Field die

Angelegenheit in die Hand genommen und sich zunächst durch sachkundige Männer, wie Kapitän Maury und Professor Morse, über die technischen Vorbedingungen des Unternehmens unterrichtet hatte, ging er im Jahre 1855 nach England, um hier die Sache persönlich zu betreiben. Nach einem Jahre brachte er die Aktien-Gesellschaft „Atlantic Telegraph Company" zusammen, während zugleich die oben erwähnte Linie durch Neu-Schottland und New-Foundland vollendet wurde. Inzwischen ließ man den atlantischen Meeresboden auf dem Wege nach Irland sondiren und sorgte für die Anfertigung des auf beinahe 500 Meilen berechneten Kabels, dessen Konstruktion wir bereits kennen und das etwa $4\frac{1}{2}$ Millionen Mark herzustellen kostete.

Im August des Jahres 1857 schritt man zur Versenkung, welche Arbeit infolge der beträchtlichen Masse des Leitungsdrahtes auf zwei Schiffe, „Agamemnon" und „Niagara" vertheilt werden mußte. Zu Anfang ging, mit Ausnahme weniger leicht ausgeglichenen Störungen, Alles glücklich von statten. Als aber nach einer Strecke von etwa 50 deutschen Meilen bereits über 70 Meilen Kabel aufgezehrt waren, machte sich die Besorgniß geltend, daß infolge etwa noch zu erwartender größerer Unebenheiten des Meeresbodens der Kabelvorrath nicht ausreichen werde. Die nächstliegende Aushülfe einer strafferen Abwicklung des Kabels erschien unvermeidlich, und die Ingenieure auf dem Schiffe suchten deshalb an der Abwicklungsmaschine eine entsprechende Abänderung auszuführen. Dieses Experiment hatte indeß einen so unglücklichen Erfolg, daß mitten auf dem Meere der werthvolle Draht zerriß und das Ende in die Tiefe von einer halben Meile hinabsank. So war der erste Versuch gescheitert; aber man verlor den Muth nicht. Neue Gelder wurden zusammengebracht und man ließ den verloren gegangenen Theil des Kabels durch ein neu angefertigtes, beträchtlich längeres Stück von beinahe 200 deutschen Meilen ersetzen. Dieselben Schiffe trugen wieder, im Jahre 1858, das Kabel mitten in den Ozean, fügten dort die beiden Hälften an einander und legten das Tau vom 26. Juni ab gleichzeitig nach Osten und Westen hin. Nach mehreren Unfällen ging endlich vom 29. Juni ab die Versenkung nach beiden Seiten glücklich von statten, und beide Schiffe erreichten an demselben Tage ihre Zielpunkte. Noch in der ersten Woche des August konnten bereits telegraphische Botschaften den Atlantischen Ozean durchfliegen, und am 16. August tauschten die Königin Viktoria und Präsident Buchanan gegenseitig Glückwünsche aus. Allein die Freude über das Gelingen sollte denselben Monat nicht überdauern. Von Tag zu Tag nahm die elektrische Kraft des Kabels immer mehr ab, bis dasselbe nach einer Beförderung von wenigen hundert Depeschen am 1. September in ein ewiges Schweigen versank. Eine Zeit lang bemächtigte sich hierauf allgemeine Muthlosigkeit der Gemüther, und statt vor Allem den eigentlichen Ursachen des Mißerfolges nachzuforschen, dachte man anfänglich über andere Mittel und Wege nach, um die einmal angeregte telegraphische Verbindung zwischen den beiden Welttheilen auszuführen. Von den verschiedensten Seiten wurden die verschiedenartigsten Projekte in Vorschlag gebracht. Unter Anderem wollte man in Amerika von Quebec aus durch Labrador, die Davisstraße, Grönland, das Eismeer, über Island nach den

Faröer-Inseln und Norwegen eine Linie legen. Weiterhin dachten Einige daran, von Charleston in Südcarolina aus nach den Bermudasinseln, den Azoren und dann nach Portugal oder Frankreich eine Leitung zu führen. Ungleich wichtiger erschien die Herstellung einer transmundanen Telegraphenlinie, welche nicht blos die Alte Welt mit der Neuen auf dem Wege durch Russisch-Asien verbinden, sondern überhaupt eine weite Verzweigung des Telegraphennetzes über den größten Theil aller Kulturländer herbeiführen sollte. Aber wie manche Vortheile auch dieser weitangelegte Plan einer Verbindung der Alten und Neuen Welt auf dem Umwege über Asien darbieten möchte, so blieb doch die unterseeische Linie durch den Atlantischen Ozean immer der bei weitem kürzere und naturgemäße Weg, und es kam für England außerdem die Rücksicht zur Geltung, daß bei dem Umweg über Asien der Schwerpunkt des Telegraphenverkehrs in zwei außerenglische Staaten, Rußland und Amerika, gefallen wäre. So nahm man denn nach kurzer Zeit den Plan der atlantischen Kabellegung von Neuem auf. Während der Bürgerkrieg in Nordamerika wüthete, suchte man diesseit des Ozeans die günstigsten Voraussetzungen, welche den Erfolg einer wiederholten Legung garantiren würden, zu ergründen und setzte zu diesem Zweck sogar eine eigene Kommission ein. Denn hatte es auch den Anschein, als wollte die Natur der Kühnheit des Menschengeistes, ihr Werk in seinem wirthschaftlichen Interesse zu verbessern, unbesiegbare Hindernisse in den Weg legen, so stand doch zu hoffen, daß es



Kabellagerung im Tiefraume des Transportschiffes.

einer vernünftigen Erkenntniß und unermüdlichen Thatkraft gelingen werde, dem menschlichen Geiste über die Naturgewalten zum Triumph zu verhelfen. Diese Hoffnung hat auch jene muthigen Männer, welche im Kampf mit der Natur nicht erlahmten, um so weniger getäuscht, als sie zunächst mit unnachsichtlicher Strenge alle früher begangenen Fehler aufzudecken, alle Irrthümer zu berichtigen sich anschickten. Man fand, was die Einrichtung des Kabels selbst betrifft, daß infolge verschiedener Nachlässigkeiten theils die Festigkeit, theils die Isolirtüchtigkeit des Taues schon vor seiner Versenkung bedeutend gelitten haben mußte. Ein Kabel unterscheidet sich allerdings wesentlich von jeder anderen leicht übersehbaren Waare, die ein Sachverständiger schnell zu prüfen vermag, und einzelne oft unscheinbare, aber in der Folge entscheidend wirksame Mängel mögen bei der ungeheuern Ausdehnung einem noch so aufmerksamen Auge mitunter entgehen. Allein es waren doch bei der Behandlung des verunglückten Taues einige wirklich unverzeihliche Sorglosigkeiten vorgekommen, welche grundsätzlich hätten vermieden werden sollen. So war z. B. die Umspinnung der Armatur zu zwei Theilen an zwei verschiedene Häuser aufgegeben und dabei die Rücksicht auf die spätere Vereinigung derartig übersehen, daß in der einen Fabrik die Eisendrähte nach rechts, in der andern nach links umsponnen werden konnten, wodurch naturgemäß an der Verbindungsstelle ein schwacher Punkt entstehen mußte. Ferner hatte man das Kabel mehrere Monate lang auf dem Quai zu Greenwich in der Sonnenhitze trocken liegen lassen, so daß seine Isolirung, da die Guttapercha an der Luft leicht verdirbt, bereits vor der Legung an manchen Stellen sehr geschwächt sein mochte. Als infolge dessen das gelegte Kabel an seiner Leitungskraft von Tag zu Tag verlor, beging man obenein den Fehler, die elektrischen Leistungen dadurch zu erzwingen, daß man immer stärkere Ströme in Anwendung brachte. Je kräftiger aber der Strom, um so mehr nutzt er die Leitung ab, und so war es kein Wunder, wenn schließlich das gequälte Kabel ganz versagte. Weiterhin war man auch bei dem ersten Experimente der Kabellegung mit der Einschiffung des Taues, auf die ebenfalls sehr viel ankommt, ziemlich sorglos umgegangen. Die glatte Abwicklung des Taues vom Hintertheil des Schiffes ist von einer vorangegangenen umsichtigen Einladung, von der sie gleichsam die Kehrseite bildet, durchaus abhängig, da beim Versenken das Tau ohne die geringste Störung abrollen und in der Geschwindigkeit seines Falles möglichst mit der Schnelligkeit des Schiffes übereinstimmen muß. Die kleinste Nachlässigkeit bei Anordnung der einzelnen Ringe während des Einschiffens kann später beim Abrollen eine Schleifenbildung und unter Umständen den Bruch des Kabels zur Folge haben. Im Jahre 1857 verfuhr man in dieser Rücksicht so sorglos, daß man damals eine der fünf Kabellagen in unmittelbarer Nähe der Schiffsmaschine placirte, ohne dieselbe gegen die Wärme, welche aus dem Maschinenraum ausstrahlte, gehörig zu schützen. Abgesehen hiervon war übrigens die Auslegemaschine, an welcher das Kabel herabrollte, von so mangelhafter Konstruktion, daß man den erfolgten Bruch des Kabels sehr begreiflich findet. Wenn man freilich immer auf eine ruhige See und gleichmäßige Tiefe rechnen könnte, so würde man anstatt der einfachen Trommel oder Klüse kaum

einer besonderen Abwicklungsmaschine bedürfen. Die Rücksicht auf eintretende Stürme und mögliche jähe Untiefen macht aber gerade für die Route durch den Atlantischen Ozean eine leicht zu handhabende Auslegemaschine unumgänglich nothwendig. Infolge jener widrigen Einflüsse würde nämlich ein frei herablaufendes Kabel, nach den Gesetzen der Schwere, unter Umständen seinen Fall immer mehr beschleunigen, ohne daß die Geschwindigkeit des Schiffes in gleichem Maße zunehmen könnte. In kurzer Zeit würde also viel mehr Kabel ablaufen und, indem sich letzteres in Ringellinien auf dem Meeresboden niederlegt, ein beträchtlicher Verlust von Kabel entstehen. Andererseits dürfte aber auch der Lauf des Taues nicht so kräftig gehemmt werden, daß das Schiff sich schneller, als das Kabel abläuft, fortbewegte, weil letzteres sonst auf dem Meeresboden eine ihm vielleicht nachtheilige Spannung zu ertragen hätte. Da nun das Kabel auf dem Meeresgrunde sich der geraden Linie möglichst nähern und doch keine Spannung in seinem Innern erleiden soll, so ist die Anwendung einer eigenen Auslegemaschine, welche die Abgleitung des Kabels regulirt, von selbst geboten. Dieselbe besteht aus einer starken Bremsvorrichtung und einem Kraftmesser oder Dynamometer, welcher stets die augenblickliche Spannung anzeigt. Je nachdem die Tiefe des Meeres sich ändert oder andere Einflüsse zur Geltung kommen, muß der Druck der Bremsen vermehrt oder vermindert werden, damit die Spannung stets dem Gewicht des senkrecht ins Meer hinablaufenden Kabels möglichst gleich bleibt. Nimmt die Tiefe und damit das Gewicht des herabhängenden Taues zu, so ist die Bremse anzuziehen, im Gegenfalle aber zu lüften. So ist von einem richtigen Manövriren mit der Auslegemaschine der Erfolg des ganzen Unternehmens einer Kabellegung abhängig und die Bedeutung der Maschine wird noch dadurch erhöht, daß derselbe Apparat zugleich als Aufwindemaschine benutzt werden kann, wenn es darauf ankommt, das Kabel behufs Prüfung und Ausbesserung einer schadhaften Stelle wieder in die Höhe an Bord zu schaffen. Diese Operation, für welche die fragliche Maschine alle Bewegungen in entgegengesetzter Richtung gestatten muß, ist bei der wirklichen Wiederaufnahme des großen Unternehmens im Jahre 1865 mehrmals in Frage gekommen und mit Hülfe des damals gebrauchten, vielfach verbesserten Apparates auch ausgeführt worden.

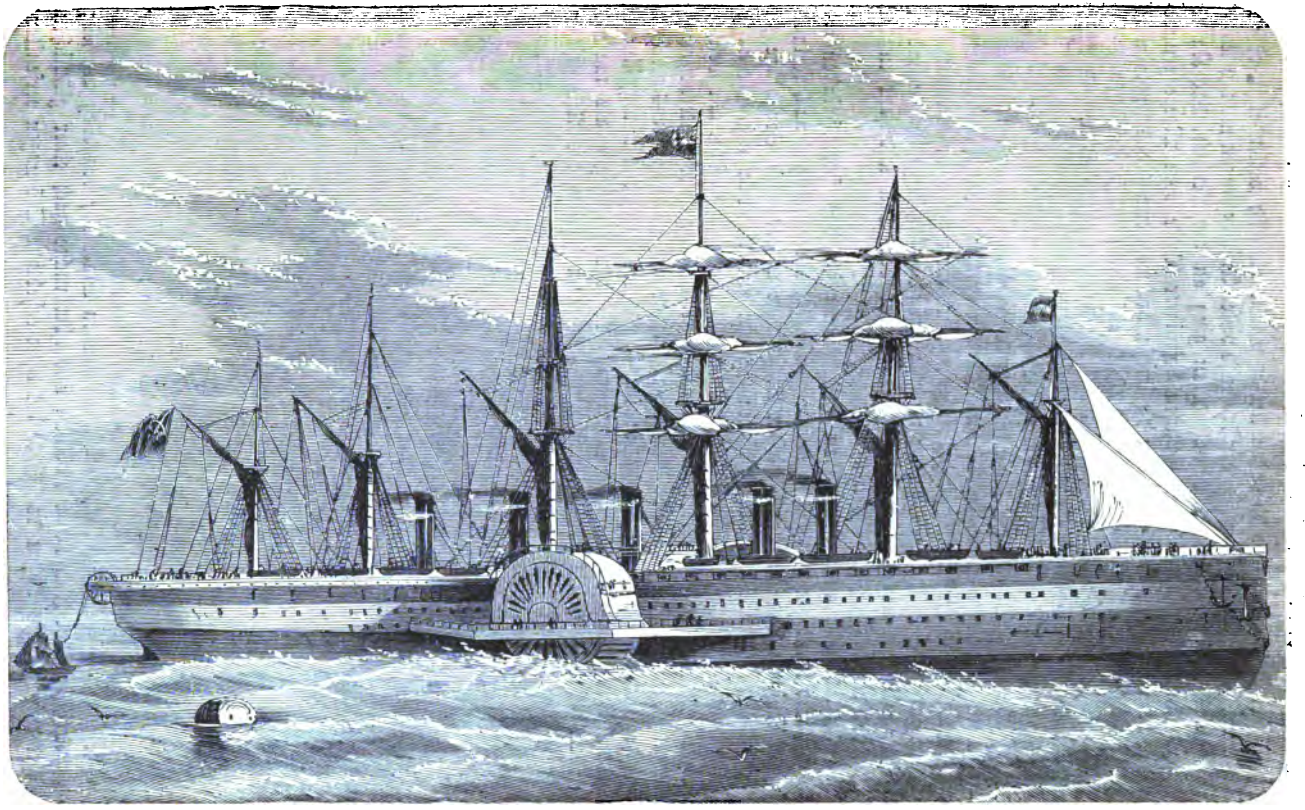
Bei der ersten Kabellegung war weder Professor Whitehouse, der erste Physiker der Telegraphen-Gesellschaft, mit an Bord gewesen, noch gestatteten die elektrischen Apparate irgendwie zuverlässige Proben in Betreff der Leitungsfähigkeit und hinreichenden Isolirung des Kabels. Für die neue Expedition, welche von mehreren ausgezeichneten Elektrikern begleitet werden sollte, hatte Professor Thomson ein sehr verlässiges Spiegelgalvanometer eingeführt, welches, nach älteren Ideen von Gauß und Poggendorf konstruirt, nicht blos dazu diente, die Kabeltüchtigkeit hinsichtlich der Leitung und Isolirung in jedem Augenblick zu prüfen, sondern auch zugleich als Signalapparat, wie später als Sprechinstrument für den wirklichen Depeschenverkehr zwischen Europa und Amerika benutzt werden sollte. Weiterhin war die Telegraphen-Gesellschaft bedacht, eine möglichst genaue Untersuchung der für das Kabel bestimmten Lagerstätte vornehmen zu lassen.

Zwar hatten die älteren Sondirungen des Meeresbodens zwischen Irland und New-Foundland bereits gezeigt, daß auf dieser Strecke im Allgemeinen keine jähen Neigungen und Senkungen vorkommen, vielmehr meistentheils regelmäßige sanfte Abdachungen sich finden. Um jedoch in diesem Punkte sicher zu gehen, kam es darauf an, Proben aus dem Meeresgrund herauf zu holen, aus denen man mit einiger Zuverlässigkeit auf die Beschaffenheit des Bodens und somit auch auf dessen Neigung Schlüsse ziehen konnte. Hierzu dient gewöhnlich der Brookesche Apparat, dessen Wirkung darauf beruht, daß der sinkende Körper unten eine mit Talg ausgefüllte Vertiefung hat. Beim Aufstoßen auf den Grund drücken sich kleine lose Körper in den Talg ein, oder wo nur nackter Fels vorhanden ist, drückt sich dieser ab. Auf diese Weise kann man aus Tiefen von einer halben deutschen Meile den Meeresboden untersuchen. Nach den Ergebnissen der damals ausgeführten Sondirungen erkannte man nun, daß in der Nähe der irischen Küste der Meeresgrund zunächst sandig, sodann felsig ist und größere Neigungen desselben sich erst etwa 50 Meilen seewärts einstellen, wo auf eine Strecke von $2\,^1/_2$ Meilen, welche man daher den irischen Abhang nennt, die Differenz der einzelnen Tiefen bis auf 2200 Meter ansteigt. Jenseit des irischen Abhanges bleibt der Boden auf eine lange Entfernung von beinahe 300 deutschen Meilen verhältnißmäßig eben und zeigt hier nirgendwo eine größere Tiefe als 4400 Meter. Dieses Telegraphenplateau, wie es gewöhnlich genannt wird, ist nun der Legung eines Kabels überaus günstig, und nur an den beiden Stellen, wo sich der Weg den Küsten nähert, treten einige plötzliche Tiefenveränderungen ein, die jedoch ebenfalls der Legung sich nicht absolut hinderlich erweisen. Nachdem diese Beruhigung gewonnen war, inzwischen die Aktienzeichnungen für eine Wiederholung des großen Unternehmens langsam wieder zugenommen und die Summe von $5\,^1/_4$ Millionen Mark erreicht hatten, schritt nunmehr im Anfang des Jahres 1864 die Transatlantische Telegraphengesellschaft zur Besorgung eines zweckentsprechenden Kabels. Bei der Herstellung ging man diesmal mit der allergrößten Vorsicht zu Werke: alles bei der Konstruktion des neuen Taues zu verwendende Material mußte in Betreff seiner Tauglichkeit einer eigenen Kommission vorher zur genauen Prüfung vorgelegt werden.

Mit Rücksicht auf die leichtere Gefährdung an den Küsten durch Wellenschlag, Schiffsanker und Thierangriffe wurden die Küstenenden weit stärker umpanzert, als der für die Tiefsee bestimmte Haupttheil. Für die Küstenenden wurde eine Armatur aus zwölf Eisenlitzen gewählt, deren jede aus drei galvanisirten, d. h. mit Zink überzogenen, fast einen Viertelzoll starken Eisendrähten besteht, wodurch sich der Durchmesser des Küstenkabels auf etwa 6 Centimeter stellt. Dasselbe ist für die irländische Küste auf 27 Meilen, für New-Foundland auf 3 Meilen Länge berechnet und nimmt kurz vor der Stelle, wo es in das Tiefseekabel übergeht, auf eine Länge von 500 Meter allmählich an Dicke ab, bis es am Vereinigungspunkte dem Hauptkabel an Stärke gleichkommt. Das ganze Kabel, welches im Juni 1865 vollendet war, wiegt über 82,000 Centner und konnte, da man diesmal wegen einer einheitlichen Aktion von der Vertheilung auf mehrere Fahrzeuge absehen wollte, auf nur einem einzigen Schiffe, dem großen Osten-

fahrer (Great Eastern), untergebracht werden. Daß dieser gewaltige Schiffskoloß damals schon vorhanden war, ist einer jener glücklichen Umstände, wie sie so oft die erfolgreiche Durchführung eines Unternehmens begünstigt haben. Durch zwei Hülfsschiffe wurde in neun verschiedenen Fahrten die gesammte Kabelmasse dem „Great Eastern" zugeführt und mittels einer besondern Einwindungsmaschine in drei dazu bestimmten großen Tendern des Riesenschiffes aufgerollt. Die Leitung des ganzen Unternehmens war in die Hand des Ingenieurs Canning gelegt, und ein ganzer Stab von Elektrikern, darunter die Herren de Santy, Varley und Thomson, ging mit an Bord. Dieselben standen mit einer Reihe anderer Elektriker auf dem Lande in fortwährendem Rapport, indem sie während der Kabellegung nach einem vorher klar vorgezeichneten Plane in bestimmten und nach zuverlässigen Chronometern abgemessenen Zeiträumen Signale hin und her auswechselten. Als Apparat hierzu diente ein Spiegelgalvanometer, ähnlich dem, der nachgehends als arbeitender Apparat auf den beiden Endstationen installirt wurde (s. weiter unten). Hiermit ließ sich nicht nur die volle Unterbrechung des elektrischen Stromes, wie sie z. B. ein Bruch des Kabels zur Folge hätte, sondern jede noch so geringe Minderung seiner Leitungskraft, wie sie z. B. ein Fehler in der Isolirung mit sich führte, sofort erkennen und sogar bis auf eine gewisse Entfernung in der ganzen Länge des Kabels berechnen.

Nachdem in solcher Weise Alles, was menschliche Kraft und Umsicht zu leisten vermag, bei den Vorbereitungen für die große Expedition vereinigt war, nahm die Legung des Kabels im Juli des Jahres 1865 von der irischen Küste aus ihren Anfang. Man hatte hier für das Küstenkabel, welches ein kleiner Hülfsdampfer versenkte, als Ausgangspunkt die Foilhummerum-Bai bei Valentia in Irland gewählt, welche sich wie ein Kanal ins Land erstreckt und, nur nach Westen offen, durch hohe Klippen gegen Wind und Wellen geschützt ist. Am 23. Juli wurde das Küstenkabel mit dem Tiefseekabel auf dem „Great Eastern" zusammengespleißt, welcher nunmehr seine bedeutungsvolle Fahrt nach Westen antrat. Am ersten Tage ging Alles glücklich von statten, aber schon in den nächsten Tagen wurden mehrmals mit Hülfe des Galvanometers schadhafte Stellen im Kabel entdeckt, die man jedoch leicht auffand und ausbesserte. So hatte das Schiff bis zu Anfang August bereits über 200 deutsche Meilen zurückgelegt, als sich wiederum die Leitung unterbrochen zeigte und die regelmäßig von der irischen Küste abgeschickten Signale ausblieben. Man mußte eine Strecke weit das Kabel wieder aufwinden und zu solchem Zwecke das Schiff halten lassen. Dieser Stillstand war insofern verderblich, als eine heftige Strömung des Meeres das Schiff in eine unheilvolle Richtung von dem Kabel abtrieb. Das letztere erhielt einen gefährlichen Ruck und riß plötzlich vor dem Dynamometer ab, indem es über den Bug des Schiffes zurück in die Tiefe versank. Unbeschreiblich war die Bestürzung Aller, die den Vorfall mit ansahen, und als die Kunde davon sich über das weite Schiff hin verbreitete, bemächtigte sich eine gewaltige Aufregung der Gemüther. Aber ruhig breitete sich der sonnige Meeresspiegel bis zum fernen Horizonte aus, und kein Anzeichen verrieth den Ort, wo soeben die großartigsten Hoffnungen ins Grab gesunken waren.



Der „Great Eastern“.

Zwei Drittheile der mühevollen Arbeit waren glücklich vollendet gewesen, und alle Theilnehmer darin einig, die Frucht so vieler Anstrengungen nicht so leichten Kaufes aus der Hand zu geben. Man ging an den Versuch, das Kabel mittels fünfarmiger, an Eisendrahttauen befestigter Anker vom Meeresgrunde wieder heraufzuholen, und bezeichnete die Stelle, von welcher aus das Experiment unternommen werden sollte, mit einer großen, auf einem Flosse ruhenden Boje, welche durch ein ausgeschnittenes langes Stück des Kabelvorrathes mittels eines sogenannten Pilzankers auf dem Boden festgehalten wurde. Allein so trefflich auch diese letztere Maßregel sich bewährte, so mühte man sich doch bei der eigentlichen Arbeit des Heraufwindens mittels starken Eisendrahtes, dessen Vorrath wir im Vordergrunde unsers Bildes, mit den Arbeiten zur Wiederaufnahme ꝛc., auf dem „Great Eastern" gelagert sehen, zehn Tage lang in vergeblichen Anstrengungen ab. Dreimal glaubte man wirklich das Kabel gefaßt zu haben, indessen jedesmal zerriß beim Heraufziehen wieder das Tau und sank in die Tiefe des Meeres zurück.

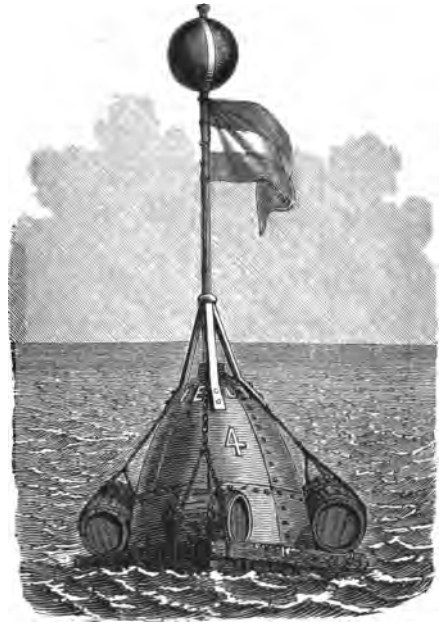
Endlich war aller Vorrath an Eisendrähten für das Heraufwinden erschöpft, und traurigen Herzens kehrte die Expedition am 17. August nach Irland zurück. Obschon nun auch nach diesem Mißerfolge wieder neue Vorschläge zu einer anderweitigen Verbindung zwischen Europa und Amerika auftauchten, so fanden alle derartigen Vorschläge doch bei der siegreichen Zuversicht, mit welcher die Telegraphen-Gesellschaft, von dem endlichen Erfolge ihres Unternehmens überzeugt, dasselbe betrieb, keine Beachtung. Mit wahrhaft bewundernswerthem Muthe suchten die Interessenten in ungebrochener Energie die ungesäumte Wiederholung der Expedition vorzubereiten. Nicht viel weniger als tausend Meilen Kabelvorrath lagen zwar nutzlos auf dem Boden des Atlantischen Ozeans und 21 Mill. Mark waren ohne einen andern Gewinn verausgabt, als daß man eine neue Reihe erst noch zu verwerthender Erfahrungen gemacht und die Möglichkeit erprobt hatte, das Kabel noch aus einer Tiefe von 4000 Meter zu heben und im Tiefwasser des Ozeans Bojen auszulegen.

Aber diese wie andere Erfahrungen nunmehr zu einem endlichen Erfolge auszubeuten, verlor man keine Zeit und brachte in kurzer Frist wieder ein Kapital von 12 Millionen Mark zusammen. Das neue Kabel ließ man in allen wesentlichen Punkten dem soeben verloren gegangenen Tau ähnlich gestalten und zu gleicher Zeit, um das vorjährige Tau ergänzen zu können, einen weiteren Vorrath von etwa 700 Meilen herstellen. Abgesehen hiervon kam es darauf an, eine zweckgemäßige, durch Dampfkraft betreibbare Aufwindemaschine zu konstruiren und eine Anzahl Bojen zu beschaffen, da man den Plan, das vorjährige Kabel, wenn irgend thunlich, zu verwerthen, im Auge behielt. Endlich wurden auch in der Zwischenzeit die elektrischen Apparate noch beträchtlich vervollkommnet, um mit der äußersten Leichtigkeit etwaige Fehler zu bestimmen oder schadhafte Stellen im Tau nachzuweisen. So konnte sich bereits im nächsten Jahre (1866) der „Great Eastern" zum zweiten Male auf den Weg machen; er verließ am 13. Juli 1866 Valentia und überbrachte nach einer glücklichen Fahrt von vierzehn Tagen das Ende des ohne erhebliche Störungen versenkten

Kabels der jenseitigen Küste. Mit ungeheurem Jubel wurde in Hearts Contentbay in New-Foundland der große Ostenfahrer am 27. Juli bewillkommnet.

Alsbald flogen die Gratulationsdepeschen zwischen Irland und New-Foundland hin und her, welche zunächst die Direktoren der Compagnie, sodann die Souveräne der betheiligten Staaten auswechselten. Nachdem in wenigen Tagen auch die Verbindung New-Foundlands mit dem amerikanischen Festlande hergestellt war, konnte am 4. August 1866 die transatlantische Linie dem allgemeinen Verkehr übergeben werden. Während man aber in beiden Welttheilen sich noch der Freude über den erreichten glücklichen Erfolg hingab, gingen die ernsten Männer, welche das große Unternehmen zu Stande gebracht, wieder hinaus in die offene See, um noch das im Jahre 1865 verlorene Kabel wieder aufzufischen und zu einer zweiten transatlantischen Telegraphenlinie zu ergänzen.

Mitten im Ozean, in einer Tiefe von 3450 Meter, lag das vorjährige Kabel begraben, und längst waren die an jener Stelle einst verankerten Bojen durch Sturm und Wogen vertrieben; nur astronomische Bestimmung konnte auf die richtige Spur leiten, nur dem zuverlässigen Zusammenwirken aller Kräfte konnte die glückliche Wiederaufnahme des versunkenen Kabels gelingen.

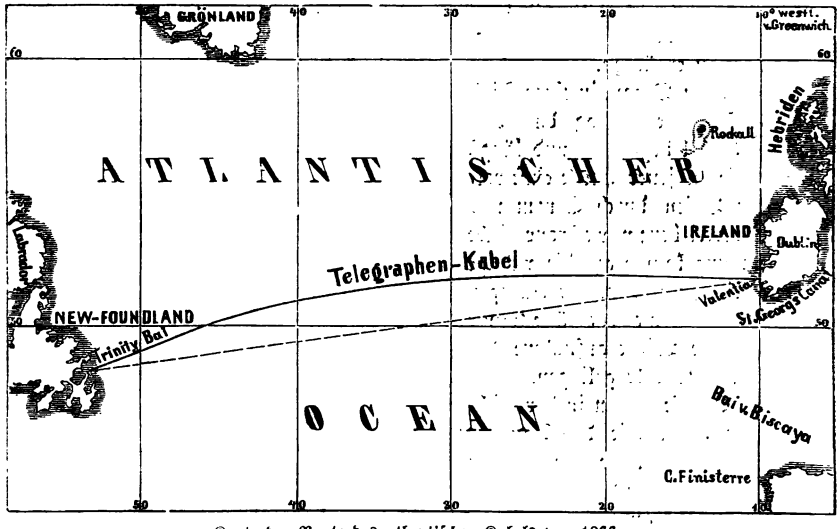


Boje, den Platz des versenkten Kabels bezeichnend.

Drei Schiffe sollten in der Richtung der Kabellinie das Tau an verschiedenen Stellen zu fassen suchen, und während das hierdurch gehobene Stück an dem einen Ende gebrochen, an dem andern schwebend erhalten wurde, sollte das mittlere Schiff das Stück selbst an das Tageslicht heben. Nach vielen vergeblichen Anstrengungen war endlich die günstige Stellung, wie sie die Illustration veranschaulicht, erreicht, und man konnte an die Operation des Aufwindens gehen. Diese Aufgabe fiel dem „Great Eastern" (Nr. II.) zu, während eine halbe Meile westlich (bei Nr. III.) das Kabel durch das Schiff „Medway", zur Erleichterung des Aufwindens, absichtlich gebrochen, etwa drei viertel Meilen östlich aber durch eine Boje mit Greifanker schwebend erhalten wurde.

Die Nacht war mild, die See spiegelglatt, und der Mond, welcher sich dann und wann zeigte, gab den Arbeitern hinreichend Licht für ihre Arbeiten. Mit jedem Faden Tau, der auf dem „Great Eastern" über die Trommel gelangte, wuchs die

Spannung der gesammten Schiffsmannschaft; als endlich kurz vor 1 Uhr Nachts der Rücken des Kabels über dem Wasserspiegel erschien, ging es leise von Mund zu Mund: „Es ist da, es ist da!“ Aber kein voreiliger Freudenruf erscholl; die Erfahrung hatte schon wiederholt bewiesen, wie nahe vor dem Gelingen dies große Werk noch an irgend einem unerwarteten Zwischenfalle scheiterte. So befand sich die ganze Mannschaft auf dem Verdeck in allergrößter Spannung; an das Schlafen dachte Niemand. Es war beinahe 4 Uhr geworden, ehe man ein hinreichendes Stück des an Bord gewundenen Kabelendes in den Untersuchungsraum schaffen konnte. Alles, was irgend konnte, drängte sich hier zusammen um die Person des Elektrikers Willoughby Smith, der sofort den Kupferdraht des Kabels enthüllt und mit den Instrumenten in Verbindung gebracht hatte. Lautlose Stille herrschte, durch nichts als durch das Ticken des Chronometers unterbrochen.



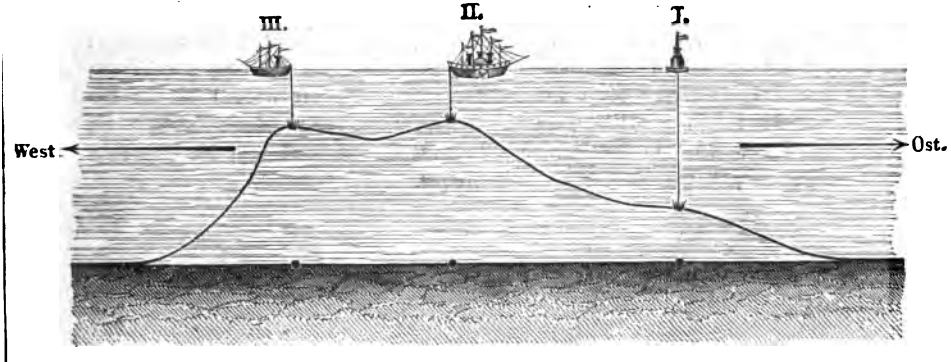
Karte der Route des atlantischen Kabels von 1866.

Das erste Signal ging nach Valentia, lebhaft flog der Lichtzeiger auf dem Galvanometer hin und her und fiel dann wieder in Ruhe. In tiefem Schweigen harrten Alle, aber keine Antwort kam. Fünf lange und bange Minuten verstrichen, da gab der Elektriker ein zweites Signal nach Irland, aber auch diesmal ohne Erfolg. Als nach weiteren fünf Minuten das dritte Signal erfolgte, sah man kaum eine Minute darauf, wie sich der Lichtzeiger, gleichsam aus eigenem Antrieb, bewegte: die Rückantwort aus Valentia war eingetroffen, und laute Freude brach nunmehr aus, Kanonenschüsse erdröhnten, Raketen zischten in den anbrechenden Tag hinein, um die Begleitschiffe zu benachrichtigen. Nachdem dann das aufgefundene Kabelende mit dem vorräthigen Ergänzungsstück zusammengespleißt war, setzte sich der „Great Eastern“ in der Frühe des 2. September in Bewegung und kam nach einer glücklichen Fahrt, die nur noch einmal

durch das Vorkommen eines jedoch schnell und leicht verbesserten Fehlers unterbrochen wurde, am 8. September auf New-Foundland an.

So war nun das große Ziel erreicht und Europa mit Amerika sogar durch ein doppeltes Band des geistigen Verkehrs verknüpft. Die beiden Kabel, welche auf dem Boden des Ozeans etwa eine halbe Meile von einander abliegend ziemlich die direkte Entfernungslinie zwischen den beiden Küstenpunkten verfolgen, haben einige Jahre vortrefflich gearbeitet und nicht nur zahllose kurze Depeschen, sondern mitunter auch ganze Staatsreden, Schlachtenberichte und andere Aktenstücke befördert. Im Kriegsjahr 1870 aber haben sie beide die Arbeit plötzlich eingestellt, und wäre nicht glücklicher Weise schon eine französisch-amerikanische Linie fertig gewesen, so hätte der ganze telegraphische Verkehr, in den Alles sich schon so sehr eingelebt, für längere Zeit entbehrt werden müssen.

Seit dem Herbst 1870 mußte Alles durch das französische Kabel gehen; im Juni 1871 endlich konnte eines der englischen Kabel wieder aufgefischt und reparirt und so die Linie neu in Gang gesetzt werden.



Aufholen des zerrissenen Kabels von 1865.

Das französisch-amerikanische Kabel wurde im Sommer 1869 ausgelegt, ebenfalls vom „Great Eastern"; es geht von Brest aus und endet auf der kleinen französischen Fischerinsel St. Pierre bei New-Foundland. Es ist bedeutend länger als das zwischen Irland und New-Foundland.

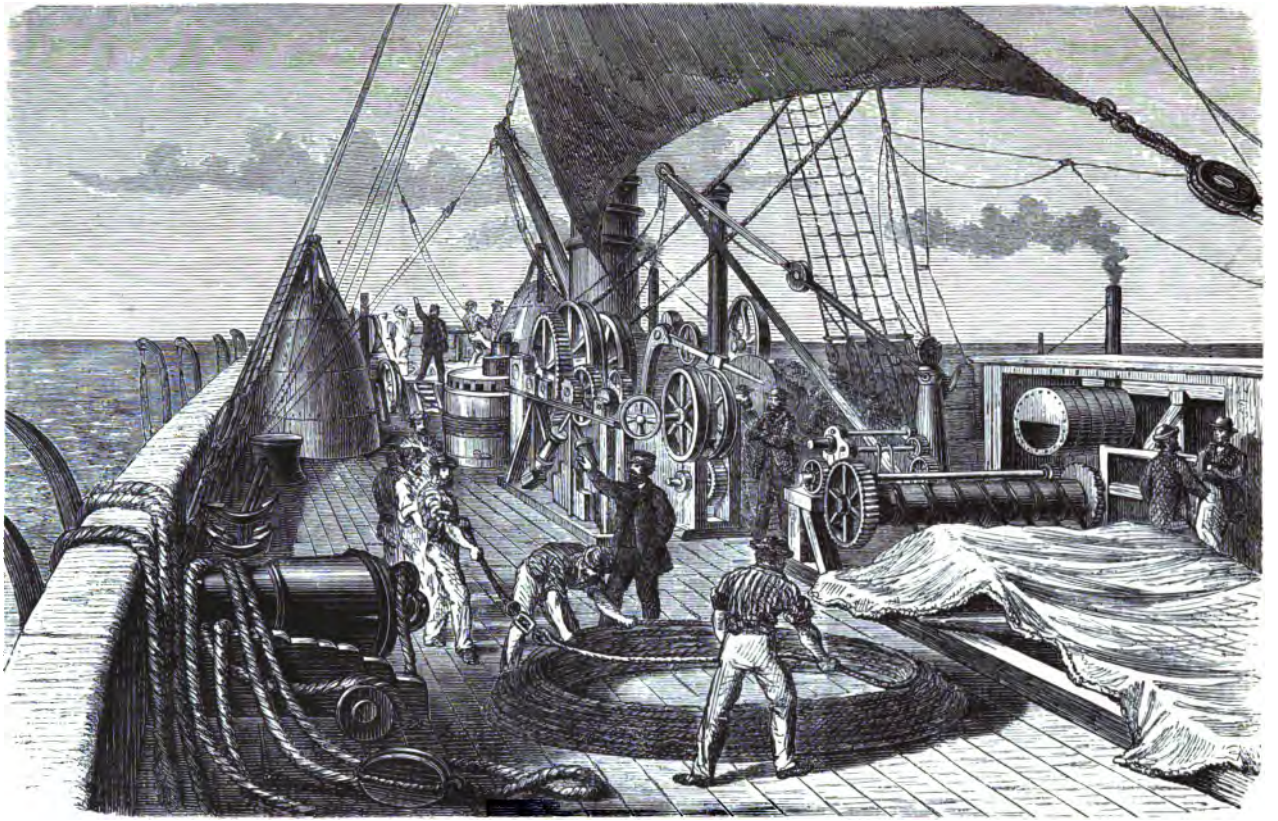
Es erübrigt nun noch, über die Bedienung der unterseeischen Telegraphen das Nöthige kurz zu sagen. Während man sich früher die Ströme, die ein Viertel des Erdkreises zu durchlaufen hatten, nicht kräftig genug denken konnte, hat man, freilich mit hohem Lehrgeld, die Erfahrung gemacht, daß gerade die schwächsten Ströme die allein brauchbaren sind. Es werden daher nur ein paar schwache Daniell'sche Elemente benutzt. Der Wunder größtes aber ist es gewiß, daß selbst ein Apparat, der aus einem zinkenen Fingerhut mit angesäuertem Wasser besteht, in welches ein Kupferdraht taucht, völlig ausreichend befunden worden ist, um zwischen Europa und Amerika zu telegraphiren.

Der zeichengebende Apparat besteht aus der Batterie, dem Stromwender und zwei Drückern, die einzeln gehandhabt werden und von denen der eine die positiven, der andere die negativen Ströme entsendet. Der Empfangsapparat ist ein kleines, höchst empfindliches Galvanometer, das auf einem gemauerten und mit einer Umfassung umgebenen Pfeiler steht. Ein etwa 2 Centimeter langer Magnet hängt in einem Gewinde von übersponnenem Kupferdraht, das ein paar tausend Umgänge hat. Aus den Ausschlägen der Nadel bilden sich nun die Signale. Um dieselben aber besser beobachten zu können, steht auf der Mitte des Magneten ein winziges Spiegelchen und eine in einiger Entfernung gegenüber hinter einer Sammellinse aufgestellte Lampe wirft darauf einen hellen Lichtpunkt. Da die Lampe etwas unter der Horizontalebene des Spiegels steht, so wirft dieser seinen Strahl etwas nach oben auf eine durch Schirme dunkel gehaltene Fläche und setzt dort einen Lichtpunkt ab, welcher die Bewegungen der Nadel durch Hin- und Hergehen wiedergiebt, und zwar infolge der Entfernung stark vergrößert, in einem Spielraume von etwa 1 Meter. Die Mitte dieser Skala ist der Nullpunkt; dort steht das Lichtzeichen, wenn nicht telegraphirt wird. Die Anglo-amerikaner haben nun neben einem Alphabet ein Signalbuch, das eine große Menge Worte und Sätze enthält, die blos durch die laufende Ziffer angedeutet werden; die Franzosen begnügen sich mit Morse's Alphabet nach der Regel, daß alle Ausschläge nach der einen Seite Striche, nach der andern Punkte bedeuten. Der empfangende Telegraphist hat einen laufenden Morse-Apparat mit Handgriff vor sich und drückt nach Maßgabe Dessen, was ihm die Lichtskala zeigt, Striche und Punkte in den Papierstreifen.

Weiterer Ausbau des telegraphischen Weltnetzes.

Die elektrische Telegraphie ist im eigentlichsten Sinne ein Weltinstitut, das endlich den Gedankenaustausch aller civilisirten Länder der Erde vermitteln soll und durch seine beständige Ausdehnung sich diesem idealen Ziele täglich mehr nähert. Indem die Kabel den Atlantischen Ozean überbrückten, haben sie zugleich die ganzen reichgegliederten Telegraphennetze Nordamerika's und Europa's unter sich verbunden. Dies giebt jenseits sofort eine weitere westliche Verlängerung um die ganze Breite Nordamerika's; man telegraphirt ebenso bequem nach San Francisco am Stillen wie nach New-York am Atlantischen Meere. Ferner wird es nicht lange mehr dauern, so bringt eine nördlicher laufende Linie durch die Beringsstraße und verbindet sich mit den Leitungen im russischen Asien, womit dann der magische Ring um die Erde geschlossen ist und drei Welttheile mit einander zu sprechen im Stande sind.

Als das Unternehmen der transatlantischen Kabellegung zunächst scheiterte und die Hoffnung des Gelingens auf dem Nullpunkte stand, wurde, wie gesagt, der Plan gefaßt, das Ziel in entgegengesetzter Richtung, auf westöstlichem Wege zu verfolgen, also eine Landlinie durch das ungeheure russische Gebiet zu führen, die dann nur durch die schmale Beringsstraße unter See zu gehen hätte.



Aufholen des grossen Kabels.

Dieser schon früher von verschiedenen Seiten gefaßte und mit verschiedenen Modifikationen in Vorschlag gebrachte Plan ward zuletzt durch die Bemühungen des Amerikaners Collins, welcher vordem die russischen Besitzungen im nordöstlichen Asien vielfach bereist hatte, wirklich in Angriff genommen. Die Regierungen Rußlands und Nordamerika's hatten ihre Unterstützung zugesagt, eine Aktiengesellschaft trat zusammen, und im Jahre 1864 nahmen die erforderlichen Untersuchungsarbeiten ihren Anfang. Auf russischer Seite handelte es sich vor Allem um eine auf etwa 400 deutsche Meilen berechnete Strecke, welche zunächst von Werchne-Udinsk, dem östlichen Punkte der Linie Kiachta, bis Chabarowka an den Amur geht, von wo eine bereits vorhandene Linie nach Nikolajewsk an die Mündung des Amur führt. Hierdurch wird also eine große kontinentale Linie hergestellt, welche das Atlantische Meer mit dem Großen Ozean durch die ganze Breite von Europa und Asien hindurch verbindet und z. B. Lissabon mit Nikolajewsk in einen zusammenhängenden telegraphischen Verkehr setzt. Von Nikolajewsk aus soll nun, wie Collins projektirt hat, auf russischer Seite der Telegraph bis zur Beringsstraße in solcher Weise weitergeführt werden, daß die Leitung zunächst an der Küste des Ochotzkischen Meerbusens bis Gischiginsk und darauf entlang den Flüssen Petschina und Anadyr bis zur Mündung des letzteren geht, von hier aber 40 deutsche Meilen unter See nach Kap Spanberg, dann über Land nach der Seniavinestraße, wo ein zweites Kabel die Beringsstraße passirt und in der Port Clarencebai den transatlantischen Kontinent erreicht. Auf amerikanischer Seite handelt es sich dann, von der genannten Bai aus südwärts mit New-Westminster eine Verbindung herzustellen, welche im Allgemeinen dem Laufe der Flüsse Kwichpak, Lewis und Stekin folgt, dann aber nach dem Quellsee des Fraser abbiegt und mit diesem Flusse sich nach Westminster zieht. Die Arbeiten in Amerika sind bisher mit großer Energie gefördert worden, auch waren bereits im Jahre 1866 die beiden Kabel für die Anadyr-Bai und Beringsstraße angefertigt. Durch den Verkauf der russischen Besitzungen an die amerikanische Union, sowie namentlich infolge der glücklichen Vollendung des atlantischen Telegraphen ist zwar das russisch-amerikanische Unternehmen eine Zeit lang in den Hintergrund getreten, und namentlich blieb das schwierige Stück durch das menschenleere Amurland vorläufig liegen. Es ist aber jetzt auf asiatischer Seite Alles für den Anschluß Amerika's fertig gestellt. Rußland betreibt die Einrichtung von Telegraphen über seine weiten Länder mit großer Energie und hat u. a. bereits eine Linie nach China hergestellt. In diesem Lande selbst giebt es schon bedeutende Strecken telegraphischer Linien, und bald wird man nach Peking telegraphiren können, von wo dann die Linie weiter nach Japan (Jeddo) fortgesetzt werden soll.

Ein anderer Land- und Wassertelegraph von Weltbedeutung ist der englisch-ostindische oder, wie man jetzt sagen kann, ostindisch-chinesisch-japanesische. Als ein interessanter Knotenpunkt erscheint hier Moskau, denn von dort geht nicht nur die englisch-indische Linie weiter, sondern auch die asiatisch-amerikanische über Kasan, Irkutsk u. s. w. bis an die Ostküste. Zwischen England und Moskau giebt es drei direkte Linien: über Stockholm und Petersburg; über Dänemark,

Riga, Smolensk; über Berlin, Berditscheff, Tula. Die letztere schlägt die indische Telegraphenpost ein, welche dann weiter über Odessa, die Krim, Tiflis, Teheran und am Euphrat hinab geht, sich in den Persischen Meerbusen versenkt, an der Südküste von Beludschistan wieder festen Boden gewinnt und dann zu Lande weiter nach dem großen Verkehrscentrum Singapore geht. Die unterseeische Fortführung dieser Linie weiter nach Ostasien ist bis zu den chinesischen Hafenstädten Hongkong und Shangai in jüngster Zeit fertig gestellt, die Ueberführung nach Japan (Nangasaki) zur Zeit (August 1871) noch in Arbeit. Der tüchtige Helfer „Great Eastern" ist auch in dieser Weltgegend am Werke. Von Singapore aus besteht bereits eine Verbindung mit der Insel Java; von hier nach Nordaustralien ist eine Linie in Angriff genommen. Die Australier beschäftigen sich nun bereits mit dem kühnen Unternehmen einer Leitung durch ihren ganzen, großen, im Innern noch vollständig unbekannten Kontinent bis nach seiner Südküste hinlaufend.

Afrika steht nur durch zwei Linien, nach Algier und Aegypten, mit Europa in direkter Verbindung; Südamerika zur Zeit noch gar nicht, was sich aber bald ändern wird, denn es wird bereits rüstig an der telegraphischen Verbindung Chile's, wie des südamerikanischen Kontinents überhaupt, mit Europa gearbeitet. Der chilenische Kongreß hat am 8. Februar 1871 das Gesetz zur Legung der betreffenden submarinen Telegraphenleitung genehmigt. Die Gesellschaften, welche sich zu diesem Unternehmen vereinigt haben, sind die englische Westindien- und Panama-Telegraphen-Compagnie, die Panama- und Süd-Pacific-Compagnie und die Peruanische National-Compagnie. Gegenwärtig reicht die Telegraphenverbindung bis Havanna, der Hauptstadt der Insel Cuba. Das projektirte Kabel überschreitet, nachdem es von Havanna aus verschiedene Inseln und Küsten des Mexikanischen Golfes berührt hat, die Landenge von Panama und läuft sodann in geringer Entfernung von der südamerikanischen Westküste dieser entlang nach dem Süden, unter Berührung der wichtigeren Hafenstädte, wie Guayaquil, Callao, Arika, Iquique ꝛc. Der Endpunkt der Leitung ist Caldera, welches bereits mit den meisten Orten in Chile in telegraphischer Verbindung steht. Es werden durch dieses großartige Unternehmen die westindischen Inseln, die Landenge von Panama, Ecuador, Neu-Granada, Peru, Bolivia und Chile mit Europa durch den Telegraphen verbunden sein, und jedenfalls wird später von letzterem Lande aus die telegraphische Verbindung über die Anden hinweg nach den La Plata-Staaten, Brasilien ꝛc. weitergeführt werden. Die Länge der Leitung von Havanna bis Caldera beträgt nicht weniger als 750 deutsche Meilen. Bereits aber rüstet man sich zu einer direkten Verbindung Europa's mit Südamerika durch eine Linie, welche von Lissabon aus über Madeira, die Kanarischen und Kapverdischen Inseln gehen, bei Kap San Roque den amerikanischen Boden betreten und dann weiter bis Rio de Janeiro gehen soll.

Hiernach schreitet die Aufgabe der Welttelegraphie, d. h. eine vollständige elektrische Umspannung der Erde, welche den geistigen Verkehr zwischen allen Punkten unsers irdischen Kulturlebens mit der Geschwindigkeit des Gedankens ermöglicht, immer mehr ihrer Vollendung zu, und bald werden auch die isolirten

Telegraphennetze, die in den einzelnen Ländern, Staatengruppen und Welttheilen entweder schon bestehen oder noch projektirt sind, derart unter einander verbunden sein, daß von jeder beliebigen Station auf dem Erdball nach jeder andern die telegraphische Korrespondenz ohne Unterbrechung vor sich gehen kann.

Schon im Jahre 1773 schrieb Odier an eine Dame: „Es wird Sie vielleicht amüsiren, zu erfahren, daß ich mich mit gewissen Versuchen beschäftige, durch welche eine Unterhaltung mit dem Kaiser von China, mit den Engländern oder mit irgend einem andern Volke Europa's in solcher Weise ermöglicht wird, daß Sie ohne die geringste Mühe Alles, was Sie wünschen, auf 4000 bis 5000 Meilen weit in weniger als einer halben Stunde mittheilen können." Wie viele Enttäuschungen mußten aber erst durchgemacht, wie viele neue Erfahrungen erst gewonnen werden, ehe diese Idee in unseren Tagen zur wirklichen Ausführung gelangen konnte! Es ist nicht der zufällige oder glückliche Gedanke eines Einzelnen, nicht das Verdienst oder der Ruhm eines einzigen Mannes, sondern wie bei allen großen und weitgehenden Erfindungen, die in das ganze Leben der Menschheit umgestaltend eingreifen, ist es die emsige, durch lange Jahre fortgesetzte Arbeit mehrerer ausgezeichneter Geister und das vollbewußte Ringen vieler tüchtiger Kräfte mit allen Schwierigkeiten der Naturkraft und Menschenschwäche, wodurch das große Ziel, welches schon vor beinahe hundert Jahren ein wissenschaftlicher Sinn voraus schaute, nunmehr seiner endlichen Vollendung nahe gekommen ist. Bei Alledem ist jedoch keine Erfindung, was ihre praktische Verwerthung betrifft, so schnell in sich vervollkommnet und so rapid über die ganze Erde gegangen, wie das Verkehrsmittel der elektrischen Telegraphie. Im Jahre 1840 kam zum ersten Male der elektrische Telegraph, an der Blackwell-Eisenbahn in England, zur praktischen Anwendung, im Jahre 1843 ließ die Direktion der Rheinischen Eisenbahn bei Aachen die erste kurze Leitung auf deutschem Boden ausführen, 1844 wurde Washington mit Baltimore verbunden, 1845 fand das neue Verkehrsmittel für Gedanken Eingang in Frankreich, 1848 in Holland, 1849 in Belgien, 1851 in Rußland, 1852 in die Schweiz, 1855 in Norwegen. — Und jetzt, nach nur 36 Jahren? Heutzutage besteht eine fast unübersehbare Reihe von täglich noch zunehmenden Linien, deren Gesammtlänge wol neunmal um die Erde reichen würde; ja die meisten dieser Verbindungen haben mindestens eine dreifache Leitung, so daß die ganze Ausdehnung aller eingerichteten Leitungsdrähte wol über zwanzigmal unsern Weltkörper umspannen, d. h. zu einer Bahn hinreichen würde, die von der Erde zum Monde und wieder zurück führt.

Bei einer Angelegenheit, welche in so raschem Fluß ist, müssen alle statistischen Angaben hinter den Thatsachen nachhinken; doch möge angeführt sein, daß man 1869 die Gesammtlänge der europäischen Telegraphen auf 33,103 geographische Meilen angesetzt hat, zu welchen 91,167 Meilen Draht verwendet war. Die norddeutsche Telegraphie hatte 1870 zur Disposition: 3216 Meilen Linien mit 10,912 Meilen Draht.

Die Erfindung der Photographie.

Der Mensch der neuen Zeit, hat Jemand gesagt, ist ein Geschöpf, das auf dem Dampfe reitet, in den Wolken schwimmt, mit Blitzen schreibt und mit der Sonne malt. Drei dieser wichtigen Errungenschaften, die Anwendung der Dampfkraft, des leichten Gases und der Elektrizität, haben wir bereits unserer Betrachtung unterzogen und stehen nun an der letzten, der Sonnenmalerei, oder besser Lichtmalerei, denn die Sonne ist dabei nicht unentbehrlich. Es ist ein angeborener Trieb, ja eine Bestimmung des Kulturmenschen, daß er weiter hinausstrebt, als seine natürlichen Kräfte und Leistungen reichen, und solchem unablässigen Streben verdanken wir Erfindungen wie die oben genannten. Was vermag der geschickteste und flinkste Zeichner im Vergleich zu den Wirkungen des Lichtes! Kann er in Sekunden Portraits, mächtige Dome, an denen Jahrhunderte gemeißelt, ganze Alpengebirge aufs Papier zaubern? Kann er seine Kunst in einen Augenblick zusammenfassen, um Gegenstände sogar trotz ihrer Bewegung abzubilden? Das Alles kann er nicht, aber menschenmöglich war es doch, einen kleinen Apparat zu erfinden, mit welchem alles Dies beschafft werden kann, und zwar beschafft durch die geheimnißvolle Wirkung des Lichtes. Die alltäglichste Erfahrung lehrt, daß das Licht auf viele Stoffe chemische Wirkungen äußert, die sich durch Farbenveränderungen kundgeben. Unsere gefärbten Kleiderstoffe verbleichen, oft nur zu rasch, im Sonnen- und Tageslichte; im Dunkeln gewachsene blasse Pflanzen werden am Lichte grün, das weiße Chlorsilber wird schwarz u. s. w., und unsere Chemiker kennen noch eine ganze Menge hierher gehöriger Beispiele. Woraus besteht nun die ganze wunderbare

Photographie? Einfach darin: wir sammeln das von dem aufzunehmenden Gegenstande zurückgeworfene Licht zu einem Bilde, lassen dieses auf eine künstlich hergestellte lichtempfindliche Fläche fallen, unterbrechen die Wirkung rechtzeitig und geben durch geeignete Behandlung dem empfangenen Bilde Entwicklung und Dauer. So einfach ist die Grundlage der Kunst, aber nicht so leicht die Ausführung. Das Gelingen hängt nicht nur vom richtigen und genauen Verfahren, von größter Reinheit aller gebrauchten Stoffe, sondern zuweilen selbst von nicht erkennbaren Einflüssen ab, so daß Photographen glückliche und unglückliche Tage haben und mit denselben Mitteln bald gute, bald schlechte Erfolge bekommen.

Wie die Dampfmaschine, das Fliegen in der Luft, der elektrische Telegraph, so ist auch die Lichtbildnerei schon in frühern Jahrhunderten geträumt worden, indem einzelnen Leuten vage Ideen davon vorschwebten. Die Erfindung selbst aber gehört ganz der neuen Zeit an. Sie stützt sich auf die Erfindung der Camera obscura, die aber schon lange gemacht war, bevor die Photographie entstand und von ihr Besitz nahm. Die reizend schönen und getreuen Abbilder, welche dieses Instrument und das Sonnenmikroskop von natürlichen Gegenständen auf eine Fläche werfen, mögen den Gedanken an die Lichtbildnerei gar manchem Gelehrten nahe gelegt haben. Jeder, der einmal diese Lichtwirkungen sah, mußte sich sagen, wie schön es doch wäre, wenn diese Bilder auf der matten Glastafel oder dem Papier für immer stehen bleiben könnten. Wedgewood und Davy in England waren die Ersten, welche dahin einschlagende Versuche bekannt machten (1803). Sie tränkten Papier und Leder mit einer Silberlösung und machten darauf Profile, d. h. Schattenbilder, die sie jedoch nicht gegen das Tageslicht unempfindlich zu machen wußten, so daß sie nur bei Lampenlicht besehen werden konnten, wenn nicht endlich das ganze Papier sich bräunen sollte. Erst 1819 fand John Herschel das so lange ersehnte Fixirmittel im unterschwefligsauren Natron. Als die Kunde von Daguerre's Entdeckung die Welt durchlief, griff man in aller Ungeduld diese ersten Vorläufer wieder auf, und es kamen in den Kunsthandlungen sogenannte Lichtbilder zum Vorschein, die nichts weniger als interessant waren. Man hatte nämlich auf mit Silberlösung präparirtes Papier Blätter, Moose u. dgl. gelegt und dies mit einer Glastafel bedeckt dem Lichte ausgesetzt. Das Produkt waren rohe weiße Abbildungen auf braunem Grunde. Glücklicher Weise gaben die Franzosen Probestücke und auch das Geheimniß ihrer Herstellung bald zum Besten, und da sah man denn natürlich gleich, daß man es hier mit einer ganz neuen, eben so interessanten als wichtigen Erscheinung zu thun habe. Eine große Erfindung war abermals gemacht, und daß die Ehre derselben zwei Franzosen zufällt, soll ohne Neid anerkannt werden, so sehr auch die Franzosen ihrerseits geneigt sind, von andern Nationen gemachte Erfindungen zu übersehen oder zu verkleinern. Die Idee war allerdings schon da, aber nicht diese — die Ausführung macht den Erfinder.

Die Entstehungsgeschichte dieser Erfindung ist ebenfalls eigenthümlich und interessant. Zwei Männer, Niepce und Daguerre, unternehmen, ohne von

einander zu wissen, darauf abzielende Versuche und arbeiten mehrere Jahre lang abgesondert; der Erstere hat bereits nennenswerthe Resultate erreicht, sich aber in sehr umständliche und unsichere Prozeduren verwickelt; der Zweite hat noch gar keine besondern Fortschritte gemacht; als aber beide Männer endlich zusammentreffen, erfaßt Dieser mit Begeisterung die Ideen des Ersten und verarbeitet sie zu einem ganz neuen Systeme, nach welchem die so lange gesuchte Kunst nun eine verhältnißmäßig leichte und einfache Arbeit geworden ist.

Niepce's Versuche gehen bis zum Jahre 1814 zurück. Die Verbindung zwischen ihm und Daguerre schreibt sich von 1829 her; Niepce starb 1833, und 1839 war Daguerre mit der Erfindung so weit, daß er damit hervortreten konnte. Die Regierung kaufte sie gegen eine Leibrente von 6000 Franken für Daguerre und 4000 Franken für Niepce's Sohn an und machte sie bekannt als „ein Geschenk für die ganze Welt." Und die Welt begrüßte dieses unerwartete schöne Geschenk mit Staunen und freudigem Jubel.

Daguerre's Erfindung beschränkte sich auf die Entwerfung von Bildern auf versilberten Platten, und dieser Zweig der Kunst ist es, der noch jetzt des Urhebers Namen führt, während unter Photographie die Lichtbildnerei auf Papier und die übrigen Stoffe verstanden wird. Die neue Kunst zeigte bei ihrem Hervortreten noch zwei wesentliche Mängel, denen aber bald abgeholfen wurde, denn natürlich war das Interesse und der Fortschrittseifer der Gelehrten und Praktiker aller Länder durch die neue Erscheinung mächtig erregt. Daguerre brauchte noch 20 Minuten zur Aufnahme eines Bildes, daher an Porträtiren u. dgl. nicht zu denken war; da wurde in dem Brom ein so kräftiges Unterstützungsmittel für das Jod gefunden, daß die Empfindlichkeit der Platte nun bis zu einem kaum gehofften Grade gesteigert werden konnte. Dann fehlte es den Bildern an Haltbarkeit; sie waren in dieser Hinsicht dem Staube der Schmetterlingsflügel vergleichbar und verschwanden nach einiger Zeit von selbst, wenn sie nicht unter Glas gelegt wurden. Diesem Fehler half der Chemiker Fizeau ab, indem er die Befestigungsmethode mit Gold ersann.

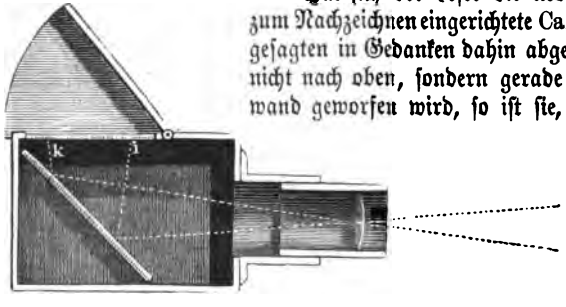
Nachdem nunmehr die ganze gebildete Welt Mitarbeiter geworden war, konnten weitere Fortschritte nicht ausbleiben. Stoffe, Mittel und Methoden mehrten sich in reißender Schnelligkeit. Bald wurde auch die Lichtbildnerei auf Papier ernstlich vorgenommen und ausgebildet. Der erste, der mit einem brauchbaren Verfahren hervortrat, war der Engländer Talbot. Erst durch die Papierbilder konnte die neue Kunst so ungemein populär werden, wie sie es jetzt ist, wo man nur selten noch ein Metallbild zu Gesicht bekommt. Indeß behalten diese letztern doch ein besonderes Interesse, und wo es darauf ankommt, für wissenschaftliche Zwecke einen Gegenstand recht genau bis ins Kleinste abzubilden, wird von Daguerre's Kunst auch noch Gebrauch gemacht.

Ehe wir nun die einzelnen Methoden der Lichtbildnerei durchgehen, wollen wir zuvor das Hauptwerkzeug des Photographen, die Camera obscura, etwas näher ansehen. Dieser lateinische Ausdruck bedeutet dunkle Kammer; ein geschickter Physiker, Porta in Neapel, erfand das Instrument um die Mitte des 16. Jahrhunderts. Denken wir uns einen Augenblick in eine wirkliche dunkle

Kammer, d. h. in die Kammer eines Hauses, deren Fenster durch einen Laden gegen das Tageslicht bis auf ein rundes Loch von etwa Zollgröße dicht verschlossen ist. Wie wird es sich bei einer solchen Einrichtung mit dem durch das Loch einfallenden Tageslicht verhalten? Es wird sich auf der gegenüber befindlichen Wand, je nachdem sie mehr oder weniger vom Fenster abliegt, eine größere oder kleinere helle Stelle zeigen, in welcher sich alle dem Fenster gegenüber gelegenen oder sich vorbei bewegenden Gegenstände in ihren natürlichen Formen und Farben, jedoch in umgekehrter Stellung, zierlich abbilden. Erweitert man das Loch immer mehr, so wird jene erleuchtete Stelle immer heller, aber die Bilder werden immer verschwommener und bläßer und verschwinden endlich ganz im weißen Lichte. Setzt man nun aber in das drei- bis vierfach vergrößerte Loch ein linsenförmig geschliffenes Glas, so kommen die Bilder um so viel kräftiger und schärfer wieder zum Vorschein. Um diese Erscheinungen zu begreifen, muß man sich nur vergegenwärtigen, daß unser Auge ebenfalls eine wirkliche Camera obscura ist und daß wir die Außendinge nur dadurch sehen können, daß sie von allen Punkten und nach allen Richtungen hin Lichtstrahlen zurückwerfen, und zwar von solcher Färbung, wie sie eben der Natur des zurückwerfenden Stoffes entspricht. Die umgekehrte Stellung der Bilder ist ebenfalls unschwer zu begreifen, sobald man nur festhält, daß jeder Punkt eines Körpers nach allen Richtungen hin Licht zurückwirft und die Lichtstrahlen immer geradlinig durch die Luft gehen. Laufen nun die Strahlen in der Lichtöffnung zusammen, so ist es klar, daß sie in weiterem geradlinigen Fortgange im Innern wieder aus einander laufen müssen; daher fällt der tiefste von einem Gegenstande ausgesendete Strahl im Innern zu oberst und umgekehrt, aus links wird rechts und aus rechts links, mit einem Worte, das innere Abbild ist ein völlig umgekehrtes. Durch Einsetzung der Linse in die Camera gewinnen die Bilder an Kraft und Deutlichkeit, weil nun die Lichtöffnung größer ist und also mehr Lichtstrahlen in einen Punkt zusammengeführt und für die Erzeugung des Bildes nutzbar gemacht werden. Die Umkehrung der Bilder wird indeß dadurch nicht aufgehoben.

Auf Messen und Märkten hat man zuweilen Gelegenheit, eine größere Camera obscura zu sehen, welche die Vorgänge der äußeren Umgebung auf die zierlichste Weise auf einem Tische zur Erscheinung bringt. Hier wird das lebendige Bild durch einen im halben rechten Winkel (45 Grad) geneigten Spiegel aufgefangen und von diesem durch ein mit den Linsen versehenes Rohr abwärts gesendet. Die tragbare Camera obscura dagegen bildet einen verhältnißmäßig kleinen, rundum geschlossenen und inwendig schwarz gestrichenen Kasten und diente früherhin hauptsächlich zur Aufnahme von Landschaften. In der Vorderwand des Kastens befindet sich ein verschiebbares Rohr mit der Glaslinse. Nach dem Vorhergegangenen würde sich nun das Bild des vor der Linse befindlichen Gegenstandes auf der hinteren Kastenwand verkehrt abbilden; dort aber können wir das Bild weder sehen noch brauchen. Deshalb ist an der Hinterwand ein Spiegel unter einem Winkel von 45 Grad aufgestellt, welcher das Bild auffängt und gerade aufwärts nach k l wirft. Dort ist nämlich der Boden des Kastens ausgeschnitten und eine mattgeschliffene Glasscheibe eingesetzt.

Auf dieser erscheint das Bild so, daß man es ohne Weiteres nachzeichnen kann. Der Deckel dient als Blende gegen das Tageslicht, und auch an den beiden Seiten müssen Blenden herabgehen, wenn das Bild schön deutlich erscheinen soll. Die Bilder werden natürlich am schärfsten, wenn der Spiegel genau im Brennpunkte der Linse liegt. Es giebt außerdem noch einige Abänderungen des Apparates; hier können uns indeß nur diejenigen interessiren, welche für den Zweck der Lichtbildnerei nöthig waren. In diesem letzteren Falle ist der Kasten oben ganz geschlossen, der Spiegel in Wegfall gekommen, die matte Glastafel tritt an die Stelle der Rückwand und ist in eine bewegliche Fassung gesetzt, mit der sie nach Bedürfniß eingestellt, d. h. vor- oder rückwärts, der Linse näher oder entfernter geschraubt wird. Ist für die Glastafel die Stelle gefunden, wo der aufzunehmende Gegenstand am schönsten und schärfsten auf ihr sich abmalt, so hat sie für diesen Fall ihre Dienste gethan und wird aus ihrem Falz seitwärts herausgezogen, denn gerade dahin soll nun die empfindliche Metallplatte zu stehen kommen. Der Künstler muß übrigens mit den Eigenschaften seiner Gläser genau bekannt sein, um auf dieselben beim Einstellen Rücksicht nehmen zu können.



Hat sich der Leser die nebenstehend abgebildete, zum Nachzeichnen eingerichtete Camera nach dem Obengesagten in Gedanken dahin abgeändert, daß das Bild nicht nach oben, sondern gerade fort nach der Hinterwand geworfen wird, so ist sie, vorausgesetzt daß die Linse im Vordertheil eine gute achromatische Doppellinse ist, nunmehr für den Photographen brauchbar, wenigstens für einen Theil seiner Arbeiten; sie bildet seinen Landschaftsapparat, d. h. sie dient hauptsächlich zur Aufnahme von Landschaften, Baulichkeiten, Denkmälern u. s. w. Solche Apparate haben wegen des einfachen Linsenpaares eine längere Brennweite, d. h. das Bild erzeugt sich ziemlich weit hinter der Linse, ist daher größer, aber eben dadurch auch lichtärmer, als wenn es in eine kleinere Fläche zusammengedrängt wäre; es wird also auch eine längere Zeit erforderlich sein, wenn das schwächere Bild auf eine empfindlich gemachte Platte einen genügenden Eindruck hervorbringen soll.

Zur raschen Erzeugung kräftiger Porträts ist daher der Landschaftsapparat im Allgemeinen ungeeignet; dafür hat der Photograph seinen Hauptbroterwerber, den Porträtapparat. Dieser enthält im Kopfe, d. h. im Objektive, nicht eine, sondern zwei achromatische Doppellinsen in einigem Abstande hinter einander, und die Folge dieser Anordnung ist, daß damit eine kürzere Brennweite erreicht, d. h. der einfallende Strahlenbüschel kürzer zusammengebrochen wird, so daß mithin nahe an der hintersten Linse ein kleineres, aber auch um so lichtkräftigeres Bild erzeugt wird.

Die Arbeit des Daguerreotypisten beginnt mit dem Putzen und Poliren der versilberten Kupferplatte, was immer große Sorgfalt und Mühe erfordert. Hiernach wird der Silberspiegel für das Licht empfänglich gemacht, d. h. es muß eine Schicht auf ihm erzeugt werden, die sich unter Einfluß des Lichtes rasch verändert. Diese Eigenschaft haben vorzüglich die chemischen Verbindungen des Silbers mit Jod, Brom und Chlor, und alle Lichtbildnerei, arbeite man mit Silberplatten oder mit Papier u. dgl., muß mit der Erzeugung einer solchen Verbindung oder zweier zusammen auf der Bildfläche beginnen; der Unterschied ist nur der, daß dies bei den Metallplatten auf trockenem Wege, bei den übrigen Stoffen auf nassem geschieht. Chlor, Jod und Brom sind einfache Naturkörper, d. h. solche, die wir mit unserer chemischen Kunst nicht weiter zerlegen können. Das Jod findet sich im Meerwasser und geht aus demselben in verschiedene Seegewächse, Schwämme u. dgl. über; es hat im trockenen Zustande etwa das Ansehen von Graphit und einen durchdringenden Geruch. Das Brom hat gleiche Herkunft mit dem Jod und bildet eine braune Flüssigkeit von häßlichem Geruch. Das Chlor ist ein Gas, das wohl Jeder durch den Chlorkalk kennt; es bildet einen Hauptbestandtheil der Salzsäure und des Kochsalzes. Alle drei Stoffe verbinden sich gern mit dem Silber, mögen sie es gediegen oder in Auflösung antreffen. Doch ist das Jod immer als die Hauptsache, die beiden andern als beschleunigende Hülfsmittel anzusehen. Der starke Geruch dieser Stoffe belehrt uns, daß sie sehr flüchtig sind, d. h. daß fortwährend Theilchen von ihnen freiwillig in die Luft entweichen. Diese Theilchen nennt der Physiker Dämpfe, und insofern ist die Daguerreotypie eine wahre Arbeit mit Dampf, nur muß man dabei nicht an sichtbare Dampfwolken denken.

Die Erzeugung empfindlicher Schichten, das Einbringen derselben in den Lichtkasten, das Wiederherausnehmen und die Arbeiten, welche zum Entwickeln und Festhalten der Bilder dienen, müssen natürlich mit Ausschluß des Tageslichtes geschehen. Der Künstler arbeitet daher vielleicht in einem dunkeln Raume, der durch eine kleine Lampe oder einen Wachsstock spärlich erleuchtet ist. Bequemer und jetzt meistens gebräuchlich ist ein kleines Fenster mit gelber Glasscheibe. Das gelbe Licht hat so gut wie gar keine chemische Wirkung. Das Jodiren der Silberplatte geschieht gewöhnlich in folgender Weise. Die Platte wird zunächst auf ein Kästchen gelegt, in welchem sich trockenes Jod befindet; die Dauer der Einwirkung der Joddämpfe auf das Silber muß nach Sekunden markirt werden, denn die erforderliche Zeit ändert sich, je nachdem man Porträts oder Landschaften u. s. w. machen will. Die Platte, die man von Zeit zu Zeit untersucht, läuft nach einander hellgelb, dunkelgelb, röthlich, kupferig, violett, blau, grün an, und es hängt von Zweck und Methode des Künstlers ab, ob er sie diese ganze Farbenreihe durchlaufen lassen will, oder nicht. Jedenfalls würde die mit bloßem Jod behandelte Platte, wie schon bemerkt, eine zu lange Aufnahmezeit erfordern; sie kommt deshalb, um empfindlicher zu werden, nun auf den Bromkasten. In diesem befindet sich eine Schicht Kalk, in welchen man das flüssige Brom hat einziehen lassen; zuweilen wird auch noch Chlor damit verbunden. Ueber den Dämpfen dieser Substanzen durchläuft die Platte eine neue Reihe wechselnder

Farben, an denen der Künstler, durch Uebung belehrt, erkennen kann, wenn die beste Zeit zum Aufhören gekommen ist. Hierauf kommt die Platte noch einmal für kurze Zeit wieder auf den Jodkasten und ist dann zur Aufnahme bereit. Diese wird gewöhnlich gleich vorgenommen, doch bleibt die Platte, wenn man sie im Dunkeln gut aufbewahrt, auch nach mehreren Stunden noch brauchbar. Soll zur Aufnahme geschritten werden, so muß natürlich die richtige Stellung des Apparates zum Gegenstande und alles sonst Erforderliche schon besorgt sein, so daß blos die Platte eingeschoben zu werden braucht, welche zu diesem Zwecke in dem dunkeln Atelier in den Schieber gelegt wird. Sobald man den Deckel desselben zurückzieht, bleibt die Platte an der Stelle stehen, wo sie den Lichteindruck empfangen soll. Noch ist es aber im Kasten dunkel, denn das Rohr mit dem Objektivglase hat noch die Kappe oder Blende auf. Nunmehr ersieht sich der Künstler seinen Zeitpunkt, und wenn das Original die richtige Stellung hat, der augenblickliche Zustand der Tagesbeleuchtung günstig ist, so öffnet er die Blende, und die geheimnißvolle Arbeit im Kasten beginnt. Die den jedesmaligen Umständen angemessene Sekundenzahl zu treffen, gelingt nur nach langer Erfahrung und Uebung und ist eine der Hauptschwierigkeiten dieser Kunst; es kann bald des Guten zu viel, bald zu wenig geschehen. Jedenfalls wird der Künstler nach kurzer Zeit sein Glas wieder schließen, die durch Vorstecken des Schiebers für das Licht unzugänglich gemachte Platte wieder herausziehen und in sein dunkles Atelier tragen. Hier, mit dem Wachsstock beleuchtet, wird sie noch ziemlich dasselbe Ansehen zeigen als vorher; von einem Bilde ist gar nichts oder nur eine sehr leise Andeutung zu sehen. Nun kommt aber das Merkwürdigste, die Sichtbarmachung des Bildes durch Quecksilber. In einem hölzernen Kasten befindet sich auf dem unteren kupfernen Boden ein wenig dieses Metalls; die Platte wird in etwa fußhoher Entfernung mit der Bildseite nach unten schräg eingestellt und der Deckel geschlossen. Da das Quecksilber in jeder Temperatur ebenfalls freiwillig verdunstet, so würde vielleicht in ein paar Tagen das Bild ganz von selbst fertig werden. Man will aber so lange nicht warten und stellt daher unter den Kasten eine brennende Lampe. Die Hitze treibt nun die

Dunkelkammer.

unsichtbaren Queckſilberdämpfe reichlich in die Höhe. In der Seitenwand des Kaſtens, nahe bei dem Lager der Platte, befindet ſich ein Glasfenſter, durch das man hineinleuchten und das Entſtehen des Bildes verfolgen kann. Da ſieht es nun aus, als wenn ein Geiſt ſich das Vergnügen machte, mit unſichtbarem Pinſel uns Etwas zu malen; wir ſehen das immer ſtärkere Hervortreten der Züge, gleichſam als ob das Bild aus dem Grunde herauswüchſe, aber wer nicht vorher über den Zuſammenhang der Sache unterrichtet iſt, kann ſich unmöglich denken, wie das zugehen möge. Laſſen wir die wirkenden Kräfte gewähren, ſo pinſeln ſie allerdings ſo lange fort, bis nur noch eine unförmliche Kleckſerei auf der Platte zu ſehen iſt, und darum kommt es darauf an, daß der Menſch, der eigentlich ſchaffende Geiſt, dieſen bewußtloſen Dienern zu rechter Zeit Halt gebiete. Man nimmt alſo die Platte weg, ſobald ſie vollendet ſcheint. Das Bild, welches ſie aufgenommen hat, beſteht nun aus nichts Anderem, als unſichtbar feinen Queckſilbertröpfchen. Welche Arbeit that aber nun das Licht hierbei? Es bewirkte, in den hellen Stellen des Bildes mehr, in den dunkleren nach Verhältniß weniger, eine Zerſetzung der lichtempfindlichen Schicht, infolge deren den Queckſilbertheilchen die Möglichkeit verſchafft wurde, ſich an das Silber anzuhängen. Die dunkeln Stellen erlitten dabei gar keine Veränderung. Kommt nun die Platte in ein Bad von unterſchwefligſaurem Natron, ſo löſt dieſes alles noch unzerſetzte Jodſilber und legt das blanke Silber frei, welches nun den dunkeln Hintergrund bildet für das in verſchiedenen Tönen von Weiß und Grau hervortretende Bild. Dieſes Bild aber liegt nur auf der Platte wie der Staub auf Schmetterlingsflügeln; es verträgt keine Berührung, und wenn man es nicht bald ſicher unter Glas bringt, ſo verduftet es nach und nach ganz und gar. Dieſen Mängeln wurde jedoch bald abgeholfen durch Fizeau's Vergoldungsmethode, welche einfach darin beſteht, daß man die Platte wagerecht auf ein eiſernes Geſtell legt, ſie mit einer Schicht verdünnter Goldlöſung (Chlorgold) bedeckt und die Flüſſigkeit mit einer untergeſetzten ſtarken Spiritusflamme raſch zum Kochen bringt. Sowie das Blaſenwerfen beginnt, ſieht man das Bild auch ſchon einen klareren und wärmeren Farbenton annehmen, denn das Chlor des Chlorgoldes wirft ſich auf das ihm mehr zuſagende Silber, das Gold wird metalliſch ausgeſchieden und bildet eine äußerſt feine ſchützende Decke über dem Bilde. Der Fortgang dieſer Operation würde aber nicht Erhaltung, ſondern Zerſtörung ſein; darum darf ſie überhaupt nur wenige Augenblicke dauern, worauf man die Platte mit einem Ruck in ein Gefäß mit reinem Waſſer wirft. Sie verträgt nach dieſer Behandlung das Abwiſchen und nicht allzu grobe Berührung.

Von den vergoldeten Bildern laſſen ſich auch durch die Galvanoplaſtik beliebig viel Kopien abnehmen, ohne daß die Originale darunter leiden.

Anſcheinend ganz verſchieden, doch auf denſelben Vorausſetzungen ruhend, ſtellt ſich die ſpeziell ſogenannte Photographie auf Papier, Glas u. ſ. w. dar. Sie erreicht ihren Zweck durchweg auf naſſem Wege, d. h. die wirkſamen Stoffe begegnen ſich hier nicht als Dämpfe, ſondern in Auflöſungen. Immer iſt es aber wieder das Silber, das in ſeinen Verbindungen mit Jod, Chlor und Brom die Hauptrolle ſpielt. Indem dieſe Verbindungen ſich im Lichte zerſetzen,

wird metallisches Silber in feinster Vertheilung ausgeschieden und liefert den Zeichenstoff, gleichsam die Tusche zu den photographischen Bildern, wie bei den Daguerre'schen Bildern das Queckſilber diesen Dienst verrichtete.

Da aber alle lichtempfindlichen Substanzen sich im Lichte schwärzen oder bräunen und man keinen für die Photographie tauglichen Stoff kennt, der ursprünglich dunkel wäre und im Lichte hellfarbig würde, so kann man auch nicht erwarten, sogleich ein richtiges Bild aus dem Apparate hervorgehen zu sehen. Vielmehr muß das Papier die hellsten Bildpartien, da in ihnen das Licht am stärksten gewirkt, am dunkelsten zeigen, während die stärksten Schatten ganz ungefärbt bleiben. Eine solche Wiedergabe ist aber gar kein Bild im gewöhnlichen Sinne, und auch der Künstler nennt es nur ein negatives. Ein solches Negativ, wenn es fertig und durch geeignete Behandlung unveränderlich geworden ist, kann aber zur Erzeugung beliebig vieler Gegenbilder benutzt werden, in denen Licht und Schatten, sowie die Stellung der abgebildeten Gegenstände ganz der Natur entsprechend sind. Dieses sind die positiven oder eigentlichen Bilder. Man braucht zu ihrer Herstellung keine Camera obscura weiter, sondern nur einen Kopirrahmen.

Will man demnach von einem negativen Bilde positive Kopien abnehmen, so wird man im Dunkeln ein empfindliches Blatt in den Kopirrahmen und das negative Bild mit der Bildseite darauf legen, die Blätter mit einer Glastafel beschweren und den Rahmen dem Lichte aussetzen. Das Licht durchdringt das obere Blatt oder die statt seiner angewandte Glasplatte an den freien Stellen am leichtesten, an den dunkelsten gar nicht und in den Mitteltönen je nach Verhältniß, und es entsteht so auf dem unteren Blatte das gewünschte positive Abbild, das man nur zu fixiren braucht. Da das negative Original durch das Kopiren gar nicht leidet, so kann man begreiflicher Weise Hunderte von Kopien erzeugen, gute und schlechte, denn ganz gleichförmig fallen sie keinesfalls aus. Um die Lichtwirkung auf dem unten liegenden Blatte zu verfolgen, dient das einfache Mittel, daß man demselben eine etwas größere Breite giebt als dem negativen Blatte; auf dem vorstehenden Rande kann man dann die Uebergänge in Grau, Lila, Tintenblau, Schwarz, Braun u. s. w. bequem beobachten. Unter Licht ist Tageslicht zu verstehen, am liebsten, wie es vom heiteren Himmel kommt. Der Sonnenschein selbst wird gemieden oder höchstens in Ausnahmefällen in Anspruch genommen.

Wir nahmen einstweilen an, das negative Bild, gewissermaßen die Druckform für die positiven, sei ein papierenes. Aber selbst wenn das Papier durch Tränken mit Wachs u. dgl. durchsichtiger gemacht wäre, würde es als ein zu roh gefügter Körper doch immer dem Durchgange des Lichtes noch viel Widerstand entgegensetzen; überdies würden alle Unreinheiten und Ungleichheiten der Papiermasse sich auch auf der Kopie bemerklich machen; kurz solche Kopien könnten nicht anders als mangelhaft ausfallen. Man hat daher frühzeitig nach einem passenderen Träger für das negative Bild gesucht. Reines Glas wäre hinsichtlich der Durchsichtigkeit erwünscht, doch müßte es zugleich die Fähigkeit besitzen, die chemischen Flüssigkeiten einzusaugen und die Zersetzungsprodukte derselben

festzuhalten; es mußte also das Glas einen feinen Ueberzug erhalten, und hierzu fanden sich zwei sehr geeignete Stoffe, zuerst das durch Schaumschlagen geklärte Eiweiß und in der Folge das Kollodium. Letzteres besteht aus in Schwefeläther und Weingeist gelöster Schießbaumwolle und ist eine schleimige, helle Flüssigkeit, die in dünnen Schichten sehr rasch trocknet und ein durchsichtiges Häutchen hinterläßt. Hiermit war man an dem gewünschten Ziele angekommen, und es lassen sich nun mittels der angegebenen Mittel positive Bilder von außerordentlicher Schärfe und Zartheit erzielen. Papierene Negative, wozu das Papier mit Wachs getränkt wird, kommen indeß auch oft in Anwendung, da sie wohlfeiler und nicht zerbrechlich sind.

Nehmen wir an, daß ein Negativ mittels Kollodium auf Glas zu erzeugen ist, so werden Jodkalium oder andere Jod- und Bromverbindungen in weingeistiger Lösung gleich zu dem Kollodium gemischt, hiermit eine reine Glasplatte übergossen und das Ueberflüssige abgeschüttet. Nach Verdunstung der Lösungsmittel bleibt auf dem Glas ein äußerst feines durchsichtiges Häutchen zurück. Soll nun die Aufnahme erfolgen, so stellt man die Platte in ein Bad, das in der Hauptsache eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd ist, dem als Höllenstein bekannten Salz. Im Bade vollzieht sich in wenig Minuten eine doppelte Zersetzung und Neuverbindung der chemischen Stoffe; Silber und Jod resp. Brom sind direkt zu lichtempfindlichem Jod- und Bromsilber zusammengetreten, welches an dem Kollodiumhäutchen festsitzt. Nachdem nun die Platte mit destillirtem Wasser gut gewaschen ist — alle diese Arbeiten natürlich in der Dunkelkammer — kann sie sogleich noch naß in den Rahmen gelegt und in den Apparat gebracht werden und ist in diesem Zustande am empfindlichsten. Mit einiger Abänderung kann man aber auch empfindliche Blätter für längere Zeit in Vorrath machen, die man im Dunkeln aufhebt und dann trocken verwendet. Sie sind jedoch etwas weniger empfindlich als die nassen.

Es kann nunmehr die Aufnahme im Apparate bereits erfolgt sein, und wir wollen uns das Blatt vom Künstler in der Dunkelkammer zeigen lassen. Wahrscheinlich ist von einem Bilde keine Spur zu sehen — sollte die Sache mißglückt sein? Doch wir erinnern uns, daß ja bei der Aufnahme auf Silberplatten ein ähnliches Verhältniß stattfand, und so warten wir ruhig das Weitere ab. Das Blatt kommt nun in das zweite Bad, wo andere Substanzen die Arbeit des Lichtes beenden werden, wo also das Bild sich bis zur Sichtbarkeit entwickeln soll. Diese Substanzen können, wie gesagt, sehr viele sein; in dem Bade befindet sich vielleicht Essig, Eisenvitriol, Pyrogallussäure, Cyankalium u. s. w., Alles Stoffe, welche, wie der Chemiker sagt, reduzirend wirken, d. h. das Silber in den metallischen Zustand zurückführen. Nur die Essigsäure spielt eine andere Rolle; sie wirkt mäßigend, wie eine Art Regulator, daß die chemischen Vorgänge sich nicht überstürzen. Die auf dem Boden der Wanne liegende Platte fängt nun langsam an sich zu färben; zuerst werden die dunkelsten Partien des Bildes sichtbar, anfänglich nur hier und da wie Flecken; nach und nach kommen die feineren Theile zum Vorschein, und endlich verschwindet das ganze Bild unter einer allgemeinen schwarzen Färbung, so daß es gänzlich zerstört zu sein scheint;

unterſucht man aber das Blatt gegen das Licht, ſo findet man, daß das Bild in ſeiner ganzen Klarheit dennoch vorhanden iſt. Ein zu langer Aufenthalt im Entwicklungsbade würde indeß verderblich werden; man nimmt es alſo zur rechten Zeit heraus, wäſcht es tüchtig mit vielem Waſſer und bringt es endlich in eine Löſung von unterſchwefligſaurem Natron, was bei Tageslicht geſchehen kann. Dieſe Subſtanz löſt, wie wir wiſſen, alle vom Lichte nicht getroffenen Theilchen der verſchiedenen Silberverbindungen auf, und das Bild tritt klar hervor.

Das Innere eines Glashauſes.

Den Beſchluß macht wieder ein lang anhaltendes Wäſſern und dann Trocknen. Dieſe Arbeiten ſind natürlich die nämlichen, wenn man es mit poſitiven Bildern, die im Kopirrahmen erzeugt werden, zu thun hat. Das Kopiren geſchieht entweder, und zwar meiſtens, unter Mitanwendung von Chlorſilber, ſo, daß das Bild im Rahmen ganz entwickelt wird, oder man läßt den Prozeß nur beginnen und endet ihn im Entwicklungsbade.

Die Anwendung des Eiweißes oder Albumins iſt der des Kollodium gleich, nur brauchen die Eiweißblätter eine längere Trockenzeit und müſſen ſchließlich raſch erhitzt werden, damit das Eiweiß unlöslich wird.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man zu den *poſitiven* Bildern ſowol Papier als auch wieder Kollodium- und Eiweißblätter nehmen kann. Die Bilder auf Eiweißpapier ſind die gebräuchlichſten, wenigſtens für Porträts und die übrige ſo maſſenhaft auftretende Marktwaare. Es wird nun freilich bei allem Fortſchritt nur ausnahmsweiſe vorkommen, daß ein ſolches Bild ſo

vollkommen, wie es dem Maler genügen könnte, aus dem Apparate kommt. Was daher in Hinsicht der Harmonie u. s. w. noch fehlt, muß von geschickter Hand mit dem Pinsel nachgetragen werden, d. h. die Bilder höherer Klasse werden retouchirt; aber es gehört dazu ein einsichtsvoller und sich selbst verleugnender Künstler, denn je weniger man den Pinsel merkt, desto höher wird man in der Regel das Bild schätzen dürfen. Der Photograph selbst besitzt im Gold ein gutes, wenn auch nicht wohlfeiles Mittel, seinen Bildern zu besserem Ansehen zu verhelfen, indem er erstlich die Negative durch dunklere Schatten kräftigt und dann auch den Kopien dunklere und gefälligere Töne verleiht. Dies geschieht einfach durch Einlegen in eine schwache Goldlösung. Diese entläßt Gold in feinster Vertheilung, und die Goldpartikel sammeln sich da, wo bereits Silber ist.

Die Photographie ist sehr populär geworden und sucht auch unter den kleinsten Leuten ihr Publikum. Auf Messen und Märkten schlägt sie ihre Werkstätten auf und bietet Porträts an zu 50 Pfennigen, „gleich zum Mitnehmen." Das läßt nun schon vermuthen, daß solche Bilder in anderer Art erzeugt werden müssen als wir es bis jetzt vorgetragen haben. So ist es in der That, und die Sache geht so zu: Es wird mit einer Kollodiumglasplatte so verfahren, als wollte man ein Negativ aufnehmen, aber man läßt die Aufnahme der Person nur einige Sekunden dauern,

Negativ.

fixirt das unreife Negativ im Natronbade, wäscht es mit Wasser und zieht das noch feuchte Kollodiumhäutchen vom Glase ab. Hält man dies Häutchen gegen das Licht, so sieht man ein sehr deutliches dunkles Bild, gleichsam im Innern desselben, während es äußerlich bei auffallendem Licht nur erst schwach bräunlich erscheint. Dies Häutchen wird gleich vom Glase weg auf schwarzes Wachstuch geklebt und hiermit ist ein wirkliches positives Bild fertig, ein sogenanntes Pannotyp, das sehr hübsch gelungen sein kann. Der stellenweise mehr oder weniger oder gar nicht durchschimmernde schwarze Hintergrund gehört zu dieser Art Bildern nothwendig, denn erst im Gegensatz zu dem Schwarz erscheinen die bräunlichen Töne des Bildes als die Lichter, und folglich das auf ein Negativ angelegte Bild als ein positives.

Um es deutlicher zu machen, wie sich Negativ und Positiv überhaupt zu einander verhalten, geben wir die Abbildung zwei solcher zu einander gehöriger Stücke. Man wird leicht finden, daß allen dunkeln Partien im ersten Bilde die hellen im zweiten entsprechen und umgekehrt. Das Negativ ist so dargestellt, wie es gegen das Licht gehalten erscheint, und zwar mit abgewandter Bildfläche, von hinten nach vorn gesehen, so daß, wenn es wieder richtig auf der Kopie liegen sollte, man es nur herüber zu schieben hätte.

Die Photographie für das gewöhnliche Leben läßt sich ziemlich handwerksmäßig und selbst ohne chemische Kenntnisse betreiben, da alle gebräuchlichen chemischen Präparate käuflich sind. Aber es giebt auch nicht wenig Fortschrittsmänner und Gelehrte, die sich die Erweiterung des photographischen Wissens und Könnens angelegen sein lassen, und so ist denn im Gesammtbereiche dieses Faches noch so Manches ausstudirt und ausprobirt worden, was wir nur kurz andeuten können oder ganz übergehen müssen, und aus den vielen photographischen Journalen und andern Schriftwerken, die beständig erscheinen, ersieht man, daß noch unabläßig und rüstig weiter gearbeitet wird. —

Positive Kopie des umstehenden Negativs.

Eine wichtige Erweiterung des Faches beruht auf der Anwendung von chromsauren Salzen statt des Silbers, namentlich des doppelt chromsauren Kali oder ebensolchen Ammoniaks. Die Lösungen dieser Salze sind lichtempfindlich, werden zersetzt, wenn sie zugleich in Berührung mit organischen, d. h. dem Thier- oder Pflanzenreich entnommenen, Stoffen stehen. Bestehen solche Stoffe aus Eiweiß, Leim (Gelatine), Gummi u. dgl., so hat die Lichtwirkung zugleich die Folge, daß diese sich in Wasser nicht mehr auflösen. Denken wir uns nun, daß ein Papier im Dunkeln mit einer Mischung von Gelatine und chromsaurem Kali, die durch eingerührten Kienruß geschwärzt ist, überzogen und getrocknet wurde, so haben wir ein schwarzes lichtempfindliches Blatt, das, in einen Kopirrahmen gelegt und mit irgend einem Negativ bedeckt, ins Tageslicht gebracht, binnen 2—20 Minuten, je nach

Umständen, die angegebene Umwandlung zwischen Licht und Schatten erleidet, ohne daß die schwarze Fläche Merkmale davon zeigte. Bringen wir aber den Rahmen wieder ins Dunkle und legen das Blatt einige Zeit in kaltes und warmes Wasser, so werden die unverändert gebliebenen Stellen aufweichen und sich fort spülen lassen, und es erscheint ein schwarzes Bild auf weißem Grunde. Hätte das Negativ ein Bild mit Halbschatten enthalten, so würden diese dem Auswaschen nicht widerstanden haben. Das hindert aber nicht die Anwendung des Verfahrens auf lineare Darstellungen, und so hat man denn zunächst einen photographischen Stein- und Zinkdruck darauf gegründet, welcher sich auf die Vervielfältigung von Karten und Plänen, Handschriften, Neudruck seltener Holzschnitte u. dgl. beschränkt. Ist auf Stein oder Zink ein solches Leimbild direkt entworfen oder von Papier übergedruckt und hat die Platte eine lithographische Präparirung erhalten, so kann der Druck wie gewöhnlich mit fetter Schwärze erfolgen, welche von der Leimmasse willig angenommen wird.

Man hat aber durch das Gelatineverfahren auch bessere Bilder herstellen gelernt; das sind die sogenannten Kohlebilder, mit denen zugleich das Verlangen nach unvergänglichen Bildern gestillt ist, denn Ruß sieht in alle Ewigkeit schwarz aus. Die Silberbilder sind aber oft dem Verbleichen und Vergilben unterworfen, weil trotz noch so langen Auswaschens doch noch Reste von Chemikalien im Papier bleiben können, welche in nachtheiliger Weise fortarbeiten.

Die Herstellung der Kohlebilder weicht von dem schon Gesagten namentlich dadurch ab, daß die belichteten Papiere nicht direkt ausgewaschen werden, sondern man klebt und preßt zur Erhaltung der Halbschatten das Papier mit der schwarzen Seite auf ein anderes, das mit einer Lösung von Kautschuk in Benzin präparirt ist. Jetzt haftet also die Gelatineschicht mit dem in ihr noch versteckten Bilde auf einem in Wasser unlöslichen Stoffe. Man legt das Doppelblatt in kaltes, dann in warmes Wasser, bis das Aufnahmepapier losgeht, und arbeitet dann alle überflüssige Schwärze fort. Man kommt also, wohlgemerkt, der Gelatine von ihrer ursprünglichen Rückseite bei und kann Alles wegschaffen, ohne daß das am Kautschuk klebende Bild leidet. Auf dem mißfarbigen Kautschuk kann aber letzteres nicht bleiben, weil es da auch verkehrt steht; es wird also noch ein zweites Mal übertragen. Man überzieht die Bildfläche mit klarer Gelatine, legt, wenn diese halb trocken geworden, das Papier oder den Carton auf, der das Bild endgiltig aufnehmen soll, und läßt das Doppelblatt durch Preßwalzen gehen. Nachdem es ganz trocken geworden, netzt man das Kautschukblatt von der Rückseite mit Benzin; hierdurch wird der Kautschuk erweicht, die Blätter können getrennt werden und das Bild bleibt auf der Gelatine haften, auf welche das Benzin keine Wirkung hat.

Die so erzeugten, sehr gut aussehenden Kohlebilder werden auch Pigmentdrucke genannt. Sie kommen im Bilderhandel häufig vor, werden aber bald verschwinden vor dem neuesten und schönsten Fortschritte der Photographie, dem sogenannten Licht- oder Glasdruck, wozu der Pigmentdruck nur eine Durchgangsstation gebildet hat. Man versteht hierunter ein Verfahren, wobei das Chromgelatinebild durch ein Negativ auf einer Platte von starkem Spiegelglas

erzeugt und so präparirt wird, daß man davon mit fetter Farbe ganz wie von einem lithographischen Stein unmittelbar mehrere Hundert (über 1300) Abdrücke nehmen kann, natürlich unter sehr leichter, das Glas nicht gefährdender Behandlung. Der erste Erfinder und Patentnehmer dieses Verfahrens ist der Hofphotograph Albrecht in München; es sind ihm aber in kürzer Zeit verschiedene andere Glasdrucker mit abgeänderten Methoden gefolgt, so Angerer, Ohm und Großmann, Lethe, Obernetter u. A. m. Es hat somit dieses neue, in Deutschland entstandene Verfahren hierselbst auch rasch eine hohe Ausbildung erlangt. Die Glasdrucke überraschen durch ausgezeichnete Feinheit und Klarheit der Bilder, ja durch eine Vollendung, daß man sich sagen muß, das Ziel sei erreicht und das beste photographische Verfahren gefunden. Hierdurch wird die photographische Praxis um Vieles einfacher und die Herstellung aller verkäuflichen Kunstblätter fällt ohne Weiteres dem Glasdruck zu, während die Porträtphotographen den Uebergang vom Alten zum Neuen vielleicht nicht so bald finden werden. Der Lichtdruck ist aber noch zu andern Zwecken anwendbar. Während des Krieges 1870 sind in München Kriegskarten, Kopien der Sektionen der französischen Generalstabskarte, massenhaft angefertigt und von den deutschen Armeen benutzt worden.

Entwicklung des Negativs.

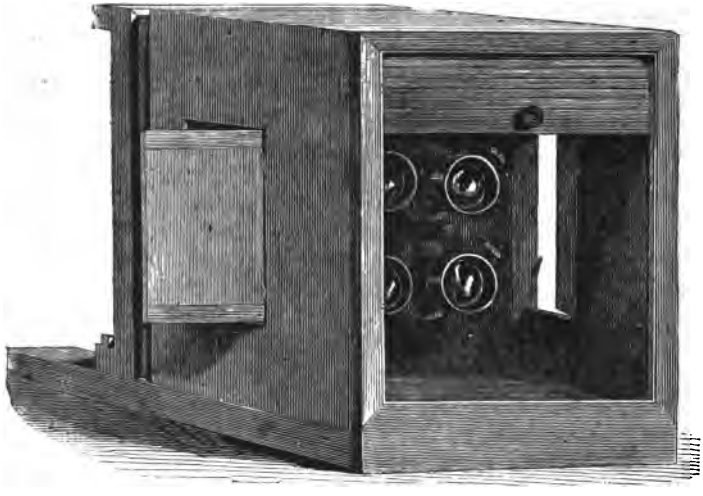
Einige Jahre älter ist das Verfahren von Woodbury, von welchem nicht viele, aber sehr schöne Probeblätter vorhanden sind, das aber gar nicht in die Praxis eingetreten ist und nunmehr alle Aussicht dazu verloren hat. Wahrscheinlich sind zu viel Schwierigkeiten damit verbunden; liest man die Beschreibung des Verfahrens, so sollte man meinen, es könne gar nichts dabei herauskommen. Ein Leimbild wird von der Erzeugungsplatte abgenommen und getrocknet; es erscheint wie ein Blatt von dünnem Horn und die Züge des Bildes sind dicker als der Grund. Es wird auf eine aus Letternmetall gegossene Platte gelegt und mit der stärksten Kraft einer hydraulischen Presse dagegen gepreßt. Die Platte enthält nun das Bild vertieft und ist druckfertig. Man überzieht sie ganz mit geschwärzter Gelatine, legt Papier auf und preßt die Druckplatte dagegen. Alle überflüssige Schwärze wird dadurch an den Seiten herausgequetscht, und auf dem Papier bleibt ein Bild zurück, das wie fein getuscht aussieht.

Mancherlei Anläufe sind gemacht worden, um zu einer Phototypie zu gelangen, d. h. einer Herstellung von Platten mit erhabenen Bildflächen, um dadurch den Holzschnitt bei illustrirten Drucksachen zu ersetzen. Ueberhaupt ist, abgesehen von der Beihülfe der Lichtwirkung, die leichtere Erzeugung von Hochdruckplatten eine Angelegenheit, die gegenwärtig eifrig betrieben wird, und nicht ohne allen Erfolg. Man findet in illustrirten Blättern schon öfter Darstellungen, die keine Holzschnitte sind, sondern eben solche Ersatzmittel, freilich in der Qualität den Holzschnitt nicht erreichend. Ob dazu in den verschiedenen Anstalten, die dergleichen Platten, jedenfalls nach verschiedenen, wenig bekannten Verfahrungsweisen liefern, immer auch die Lichtwirkung mit benutzt wird, läßt sich nicht angeben; um aber zu zeigen, auf welche Weise etwa eine Brücke zwischen photographischem Atelier und Buchdruckerei zu schlagen ist, wollen wir die Grundzüge eines freilich unreif gebliebenen Verfahrens des Oesterreichers Pretsch hier angeben. Wird eine unter einem Negativ oder durchsichtigen Positiv dem Lichte ausgesetzt gewesene Chromgelatineplatte in kaltes Wasser gestellt, so bleiben die vom Lichte getroffenen Stellen unverändert, weil sie kein Wasser mehr anziehen; dies thun aber die im Schatten gebliebenen, schwellen daher an und erheben sich über die allgemeine Fläche, so daß die Platte nun ein Relief zeigt. War ein Glaspositiv angewandt, so ist es das Bild, welches sich heraushebt, bei einem Negativ hingegen die Zwischenräume der Zeichnung. Im ersteren Falle erhält also schon die Platte das Ansehen einer in Holz geschnittenen, ohne aber deren Festigkeit zu besitzen. Man tränkt daher die Gelatine, wie überhaupt in allen Fällen ihrer Anwendung, noch mit Gerbstoff- oder Alaunlösung, wodurch sie gegerbt und mehr gefestigt wird, nimmt einen Gipsabguß und präparirt diesen dahin, daß man im galvanoplastischen Apparat ein kupfernes Gegenbild davon abnehmen kann. — Bei Hochdruckplatten von Zink wird vielleicht so verfahren, daß man das Leimbild auf die Platte bringt, durch Ueberwalzen mit fettem Deckfirniß noch mehr verstärkt und dann mit Säuren hoch ätzt.

Der Holzschnitt selbst wird wol durch die Photographie weniger auf diesem Wege, als dadurch beschränkt werden, daß man Bücher statt mit Holzschnitten, mit Lichtdrucken in selbständigen Blättern illustrirt, die sehr wohlfeil werden müssen. Der Holzschnitt genießt aber von der Photographie auch wesentliche gute Dienste dadurch, daß sie ihm häufig das Aufzeichnen auf den Holzstock erspart und das Bild für ihn entwirft, nach Belieben verkleinert oder vergrößert. Anfangs zwar wollte die Sache nicht gut gehen, indem öfter das Kollodium- oder Gelatinehäutchen sich beim Graviren abblätterte; man ist aber dazu gelangt, diesen Mangel zu heben, indem man das Bild auf Kollodium entwirft, das Häutchen mit der Bildseite nach unten auf das Holz klebt, trocknen läßt und dann das Kollodium mit Aether und Alkohol auflöst.

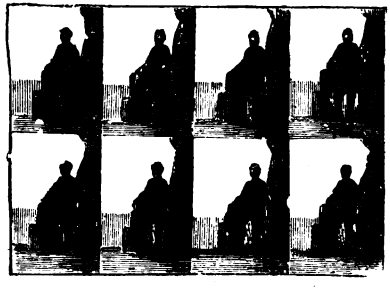
Ein großer Vortheil bei der Photographie ist die leichte Möglichkeit, den direkten Aufnahmen wie den Kopien jede beliebige Größe zu geben durch kürzere oder weitere Entfernung des Gegenstandes vom Lichtkasten und Anwendung flacher oder stärker gewölbter Glaslinsen. Die höchst verkleinerten Darstellungen heißen

Mikrophotographien und waren als Modeartikel eine Zeit lang sehr beliebt und in Stockknöpfen, Berloques u. dgl. nebst Lupe häufig angebracht. Während die Photographie in Größe und Ansehen einem Fliegenschmuz sehr vergleichbar ist, erblickt man durch die Lupe doch ein ziemlich großes deutliches Bild.



Kleinbildercamera mit 4 Objektiven.

Kleinbilder sind eben so leicht wie gewöhnliche herzustellen, nur die genaue Einstellung des Lichtkastens ist schwieriger, und man kann dabei die matte Glastafel als ein zu plumpes Möbel nicht anwenden. — Eine andere Art von Mikrotypen sind vielfach vergrößerte Bilder von winzigen Naturgegenständen und haben daher einen Lehrzweck, während die vorigen nur als Kuriositäten gelten können. Früher wurden diese Vergrößerungen mit dem Sonnenmikroskop-Apparat aufgenommen; man hat aber neuerdings den Sonnenschein entbehren und bei gewöhnlichem Tageslichte arbeiten gelernt.



Zugleich erzeugte Bilder.

Megalophotographien sind der Gegensatz zu der Kleinarbeit, Bildnisse in und über Lebensgröße. Zu ihrer Erzeugung dient ein kleines, recht kräftiges Glasnegativ; von diesem werden sie in einem Vergrößerungsapparat kopirt. Gewöhnlich besteht ein solcher aus einer freistehenden Kammer, einem runden Schilderhaus ähnlich; das Glasnegativ ist zu oberst wagerecht in eine Oeffnung eingesetzt und wirft das Bild senkrecht herunter auf einen Tisch, auf welchem das empfindliche Papier liegt. Da das Bild durch die starke Vergrößerung sehr abgeschwächt ist, so dauert es mehrere Stunden, bis das Himmelslicht hinreichenden Eindruck auf das Papier gemacht hat.

Hat der Photograph eine Anzahl Visitenkartenporträts oder andere Kleinbilder herzustellen, so wird er die Negative gleich mehrfach aufnehmen mittels einer Camera mit mehrfachen Objektiven (Linsenrohren). Zumeist sind deren vier, und man macht zwei Aufnahmen auf dieselbe Platte neben einander, die also, nachdem die ersten vier abgenommen sind, im Kasten eine seitliche Verschiebung erhält.

Bekanntlich werden auch Photographien auf Porzellan, Email, Glas eingebrannt und dadurch gewissermaßen verewigt. Es geschieht dies nach dem neuen Verfahren von Grüne in Berlin in folgender Art. Es werden gewöhnliche Silberbilder erzeugt, mit dem Kollodiumhäutchen von der Glasplatte abgelöst und in ein Bad von Chlorplatin gelegt. Der Silberstaub zersetzt das Chlorplatin, bildet mit dem Chlor Chlorsilber und das Platinmetall wird in feinster Vertheilung, als Platinschwarz frei. Das Chlorsilber wird durch ein Lösungsmittel herausgezogen, und man hat nun an Stelle des grauen Silberbildes ein tiefschwarzes Platinbild, das sich unverändert einbrennen läßt. Zu diesem Behufe wird das Bild auf das Porzellan geklebt, das Kollodium mit Aether weggeschafft und ein Ueberzug mit einem Flußmittel gegeben. Wird in derselben Weise mit Chlorgold verfahren, so erscheinen die eingebrannten Bilder braun und nehmen durch Poliren mit einem Achat Goldglanz an. Auf diese Art werden die reizendsten Goldverzierungen auf Porzellan gebracht.

Auf Schützenfest-Plätzen ꝛc. sieht man nicht selten Zelte oder Buden, in denen man sich so rasch photographiren lassen kann, daß man gleich das fertige Bild mitbekommt, zu dessen Herstellung nur einige Minuten erforderlich sind. Man nennt diese Art des Schnellphotographirens Pannotypie. Ein negatives Bild nämlich, dessen Aufnahmezeit zu kurz genommen wurde, das vielleicht nur wenige Minuten lang die Luftwirkung empfing, erscheint, nachdem es fixirt worden, gegen das Licht gehalten zu schwach, d. h. die dunkeln Stellen haben keine Kraft, die Zeichnung sieht verschwommen und undeutlich aus. Es ist dies auch ganz erklärlich: es konnte sich in der kurzen Aufnahmezeit nicht nur wenig Silber reduziren, ein guter Theil blieb als Salzlösung im Kollodium stecken und wurde im Fixirbade ausgewaschen. Das Bild zeigt sich aber trotzdem viel gelungener als es den Anschein hatte, wenn man dasselbe bei auffallendem und nicht bei durchfallendem Licht betrachtet. Das Bild ist in der Regel sogar ausgezeichnet schön und überdies erscheint jetzt das schwach negative Bild vermöge der dunkeln Unterlage als ein gut positives, als ein wirkliches Bild im gewöhnlichen Sinne. Wenn das Bild auf Schwarz liegt, erscheinen die am Lichte nur schwach bräunlich gewordenen Stellen als die Lichter, weil sie zugleich mehr oder weniger undurchsichtig geworden sind, und so das Schwarz decken, das an den nicht belichtet gewesenen Stellen durch das dünne Kollodiumhäutchen deutlich durchblickt. Dies Häutchen wird nach dem Fixiren von der Glasplatte abgelöst und auf schwarzes Wachstuch geklebt. Zu dem ganzen Verfahren sind, wie schon bemerkt, nur wenige Minuten erforderlich und nach derselben Zeit kann man das Abbild seines werthen Ich fertig mitnehmen. Indessen, wer die besseren Leistungen der Photographie einigermaßen kennt, zieht diese vor, wenn er sich abkonterfeien lassen will.

Die Anwendungen der Photographie mehren sich fort und fort. Man kopirt für den Kunsthandel werthvolle Kupfer- und Stahlstiche, Holzschnitte, Manuskripte. Maler lassen ihre Handzeichnungen auf diese Weise vervielfältigen. Eine reiche Fundgrube bilden aber die Bildergalerien, oder vielmehr die meisten und besten dort vorhandenen Kunstwerke mögen schon abgenommen und in den Kunsthandel gelangt sein. Das sind nun freilich immer nur Kopien von Kopien, denn der Photograph arbeitet nach einer verkleinerten, in Tuschmanier ausgeführten Zeichnung. Photographien, direkt von Oelbildern genommen, giebt es zwar auch, und sie können Künstlern als Studienblätter sehr werthvoll sein, aber der blos sammelnde Liebhaber würde sie nicht mögen, da sie in der Regel sehr mangelhaft und sonderbar aussehen.

Die reisenden Photographen schaffen aus allen Ländern des Erdballs Landschaften, Städte- und Gebirgsansichten, Abbildungen merkwürdiger Gebäude, und Monumente fremder Völkerschaften herbei und bringen uns selbst unterirdische Merkwürdigkeiten, indische Felsentempel, ägyptische Gräber mit ihren zahllosen Bildnereien u. dgl. zu Gesicht; denn nicht nur das Tageslicht, sondern auch jede Art starken künstlichen Lichts ist zum Photographiren tauglich. Mit den wenigsten Umständlichkeiten lassen sich Weißfeuer und noch besser Magnesiumdraht benutzen, welcher letztere sich fast wie eine Kerze anzünden läßt und mit einem Lichtglanze abbrennt, der die Tagesbeleuchtung vollständig ersetzt.

Fortwährend ist man auch bestrebt gewesen, auf photographischem Wege die natürliche Farbe der Gegenstände wiederzugeben. Es ist dies zwar bis jetzt noch nicht in wünschenswerth vollkommener Weise gelungen, doch darf man die Hoffnung hegen, daß dies höchste Ziel endlich dem mühsamen Streben erreichbar werden muß.

Die Photographie ist aber auch in höheren Welten beschäftigt und eine werthvolle Helferin des Astronomen wie bei wissenschaftlichen Beobachtungen überhaupt geworden. Bei den letzten totalen Sonnenfinsternissen waren Photographen sehr aktiv, die Erscheinung festzuhalten, und es ist mitunter gelungen, bis zu zehn Aufnahmen während der Dauer der Verfinsterung zu machen.

Vom Monde sind sehr schöne photographische Bilder gewonnen worden (durch Secchi, de la Rue u. A.), welche manche Einzelheiten zeigen, die unsere gewöhnlichen Mondkarten nicht enthalten, weil die Zeichner derselben sie nicht sehen konnten, denn das Licht malt nicht mit denselben Lichtstrahlen, durch die wir sehen, sondern mit dunkeln, denen aber vorzugsweise die chemische, also photographische Wirkung eigen ist. Auch von den Planeten, Jupiter mit seinen Bändern, Saturn mit seinen Ringen, Venus, Mars, existiren sehr schöne photographische Abbildungen. Die Fixsterne freilich, so lichtkräftig sie sind, bleiben infolge ihrer ungeheuern Entfernungen völlig unkörperlich und bewirken im Negativ nichts als feine schwarze Pünktchen. — Alle astronomischen Aufnahmen können nur durch die großen Fernröhre bewerkstelligt werden, welche der am Okular angebrachten Camera als riesige Objektive dienen. Große Erleichterung gewährt die Photographie in einfachster Form auch den Beobachtern auf Sternwarten, indem sie dieselben der Mühe überhebt, fortwährend in bestimmten

Zeiträumen den Stand der Barometer, Thermometer und Magnetnadeln zu prüfen und zu notiren. Das wird viel vollständiger, weil immerfort, durch ein Uhrwerk besorgt, welches einen empfindlichen Papierstreifen hinter eine Spalte vorbeiführt, und eine Lampe, welche das Licht dazu giebt. Die Magnetnadeln tragen ein Spiegelchen, das einen Lichtpunkt auf das photographische Papier wirft. Ist das Papier verbraucht, so wird es fixirt und durch frisches ersetzt. Diese Streifen bilden nun wirkliche Dokumente; sie enthalten Schwarz auf Weiß resp. Weiß auf Schwarz fortlaufende Linien, bald steigend, bald fallend, das genaue Abbild der an den Instrumenten stattgehabten Abweichungen.

Das Stereoskop.

Wir haben noch eine der interessantesten und populärsten Anwendungen der Photographie zu besprechen: die Aufnahme *stereoskopischer* Bilder. Der stereoskopische Kasten und die photographischen Bilder sind wie für einander geschaffen und ergänzen sich in vortheilhaftester Weise.

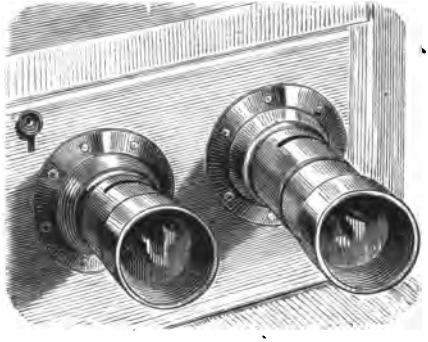
Das Stereoskop an und für sich ist eine schöne, ihrem Urheber alle Ehre machende Erfindung; aber ohne die Kunst der Lichtbildnerei wäre es eben ein wissenschaftlicher Apparat geblieben, hätte nie ein Mittel werden können, vielen Tausenden Freude und Genuß zu bereiten.

Der aus dem Griechischen gebildete Name des Instrumentes sagt uns, daß wir darin *verkörperte* Gegenstände sehen; und in der That haben wir auch ganz diesen Eindruck, während wir uns doch jeden Augenblick überzeugen können, daß wir nur flache Bilder betrachten. Auch die zeichnenden Künste bemühen sich, dem Beschauer die Fläche vergessen zu machen und mit Hülfe der Perspektive und Schattengebung die Gegenstände plastisch, d. h. als wirkliche Körper darzustellen; allein Niemand wird sich durch ein Gemälde so täuschen lassen, daß er einen freistehenden Gegenstand zu sehen glaubte. Das Stereoskop dagegen bewirkt diese Täuschung aufs Vollkommenste. Wie dies zugehe, wollen wir uns im Folgenden, ohne uns zu sehr in optische Lehren zu vertiefen, klar zu machen suchen.

Wir erfuhren bereits, daß das Auge eine wirkliche Camera obscura ist; ja der Erfinder dieser wurde gerade durch den Bau des Auges erst auf die Herstellung seines Instrumentes geführt. Nur ist das Auge das bei weitem vollkommenere Instrument, das nicht allein völlig achromatisch ist, sondern sich auch, je nachdem es die verschiedene Entfernung der Gegenstände erfordert, von selbst akkomodirt oder einstellt. In beiden Apparaten wird, wie wir wissen, im Hintergrunde ein verkleinertes farbiges Bild der außen befindlichen Gegenstände erzeugt. Wie der Gefühlsnerv des Armes sich in den Fingern in zahlreiche feine Fäden spaltet, welche eben das Tastgefühl in den Fingerspitzen vermitteln, so theilt sich der Sehnerv in den Augen ebenfalls in zahllose feine Verzweigungen, deren in einer Fläche gelagerte Enden zusammen die sogenannte Netzhaut bilden. Auf ihr schlagen sich die Bilder der Außenwelt nieder, und die Nervenenden

fühlen die feinsten Unterschiede dieser Lichteindrücke hinsichtlich ihrer Form, Stärke und Färbung; der Sehnerv leitet diese Empfindungen zum Gehirn, wo sie auf geheimnißvolle Weise als Gesichtserscheinungen zum Bewußtsein kommen. Jedes Auge faßt also den Gegenstand in einem besonderen Bilde auf, während wir gleichwol den Gesichtseindruck nur wie einen einzelnen empfinden, d. h. die Gegenstände nicht doppelt, sondern nur einfach sehen. Dies erklärt sich nun wol hauptsächlich daraus, daß die beiden Augennerven, Aeste eines Stammes, sich hinter den Augen vereinigen und die beiden Bilder auf solche Stellen der Netzhäute fallen, die mit einander korrespondiren, d. h. die sich decken würden, wenn man beide Häute mit den Sehflächen über einander legte. Wird diese Bedingung aufgehoben, was z. B. geschieht, wenn man den einen Augapfel ziemlich stark zur Seite drückt, so sehen wir allerdings einen und denselben Gegenstand doppelt.

Nun liegt die Frage nahe, wozu zwei Augen dienen, wenn es sich nur um einfache Auffassungen handelt. Früher machte man es sich mit der Antwort bequem und erblickte darin eine weise Fürsorge des Schöpfers, der uns deshalb das kostbarste Sinneswerkzeug doppelt geschenkt habe, damit wir, wenn ein Exemplar verunglücken sollte, doch wenigstens noch eines übrig behielten. Die neuere Wissenschaft hat nun aber gezeigt, daß dieses doppelte Vorhandensein einen noch näher liegenden, ganz direkten Nutzen habe: nämlich jeden Körper uns als solchen und nicht als Fläche darstelle, und das Stereoskop ist gerade das geeignete Mittel, dies zur klaren Anschauung zu bringen.

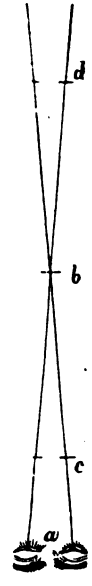


Stereoskop-Camera.

Das Nachstehende wird dies erläutern.

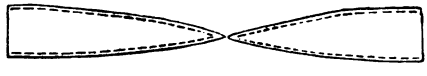
Eine von der Pupille aus nach dem gesehenen Gegenstande gezogene Linie nennt man die Sehachse. Sind die Augen auf entfernte Gegenstände gerichtet, so ist der Winkel, in dem die beiden Sehachsen zu einander stehen, so verschwindend klein, daß man annehmen kann, dieselben liefen parallel mit einander. Bei Betrachtung naher Gegenstände aber stellen sich die Augäpfel so ein, daß die Sehachsen in dem gesehenen Gegenstande zusammenfallen; sie bilden dann ein Dreieck, dessen Grundlinie die Entfernung zwischen den beiden Pupillen ist. Denkt man sich die Sehachsen noch weiter verlängert, so müssen sie natürlich hinter ihrem Vereinigungspunkte wieder aus einander laufen, denn sie haben sich dort gekreuzt. Nehmen wir nunmehr an, ein Beschauer in a (S. 201) sehe auf einen Gegenstand bei b. Er erhält von demselben zwei Eindrücke, die in einen verschwimmen, weil, wie wir schon wissen, die Bilder in beiden Augen auf übereinstimmende Punkte der Netzhäute fallen. Schieben wir nun dem Beschauer bei c zwei ganz ähnliche

Gegenstände vor (wir könnten uns dabei etwa verschiedene Exemplare eines und desselben Kartenblattes denken), so wird der Sehende, vorausgesetzt, daß er die Stellung der Augen nicht ändert, immer nur einen Gegenstand erblicken, denn die Punkte auf den Netzhäuten, wo das Bild sich formirt, können durch das bloße Vor- und Rückwärtsschieben der Gegenstände auf der Sehlinie keine Aenderung erfahren; nur die Empfindung der Entfernung wird eine andere werden müssen. Daher lassen sich auch jenseit des Kreuzpunktes der Sehachsen zwei gleiche Bilder (d) aufstellen, die sich im Auge in eines vereinigen.



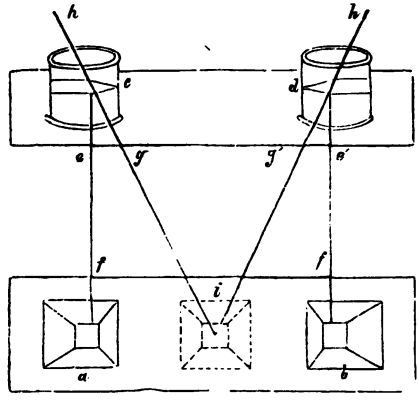
Nach dem eben Gesagten sollte es scheinen, daß ein stereoskopisches Sehen auch ohne künstliche Hülfsmittel möglich wird, und so ist es in der That; aber diese Freiübungen würden sehr erzwungen und ermüdend sein, daher eine Unterstützung der Augen nothwendig wird. Und mehr als eine Unterstützung des Auges ist der stereoskopische Apparat wirklich nicht, denn seine Funktion beschränkt sich darauf, den Augen die zu nehmende Richtung anzuweisen und dem Blicke die seitwärts liegenden Gegenstände zu verdecken; will man die Gläser außerdem so einrichten, daß sie die Bilder zugleich vergrößern, so ist dies doch immer nur eine Nebensache. Das Wunderbare, Ueberraschende liegt also hier gar nicht im Apparat, sondern hat seinen Grund vielmehr in uns selbst, in der staunenswerthen Einrichtung unserer Sinneswerkzeuge. Diese schärfer geprüft und eine interessante Nutzanwendung daraus gezogen zu haben, ist das Verdienst Wheatstone's, des Erfinders des Stereoskops. Legt man zwei ganz gleiche Bilder, etwa zwei Kartenblätter, in einen stereoskopischen Apparat, so kann der Erfolg kein anderer sein, als die Erscheinung eines einzelnen Kartenblattes. Zwei Abbildungen desselben Gegenstandes aber, die gerade nur so weit unter sich verschieden sind, als jedes Auge ihn für sich erblickt, müssen einen ganz besonderen Effekt machen; es ist ein Einswerden zweier Ansichten, die zusammen mehr enthalten müssen, als auf eine bloße Fläche gezeichnet werden kann, und eben daraus entsteht beim Beschauer der so fesselnde Eindruck des Körperhaften; er sieht nicht blos Länge und Breite der Gegenstände, sondern auch ihre Tiefe, mit einem Worte wirkliche Körper.

Das Stereoskop hat keine Spiegel, aber dafür eigenthümlich geformte Linsen. Seinem Aeußeren nach ähnelt es meistens einem doppelten Operngucker. Es ist hierbei besonders auf die Form der Linsen aufmerksam zu machen. Sie sind eigentlich keine Linsen, sondern nur Theile derselben, wie man sie erhält, wenn man eine auf beiden Seiten erhabene (bikonvexe) Linse in zwei, drei oder vier gleiche Stücke zerschneidet. Solche Theilstücke brechen wie gewöhnliche Prismen die durchgehenden Lichtstrahlen nach der Seite, wirken also, wenn die scharfen Kanten gegen einander gekehrt werden, zerstreuend.



Die nachstehende Durchschnittszeichnung eines Prisma-Stereoskops und die Wirkungsweise desselben erklärt sich leicht. Wir sehen hier in a b zwei von

verschiedenen Standpunkten aus genommene Zeichnungen eines und desselben geometrischen Körpers; die von denselben in gerader Richtung e f zurückgeworfenen Lichtstrahlen fallen auf die in den Sehrohren steckenden Prismen und werden von der geraden Richtung nach h h zu abgelenkt, wo sie in das Auge des Beschauers gelangen. Dieses hat kein Gefühl davon, daß diese das Sehen vermittelnden Strahlen gebrochene sind; es empfindet dieselben gerade so, als wenn sie ihm aus der Richtung von g zugekommen wären. Die beiden Linien g müssen aber, da sie gegen einander laufen, bald irgendwo zusammenstoßen; dies geschieht in i, und hierher verlegt der Geist den gesehenen Gegenstand, und zwar sieht er nicht ein Doppelbild, sondern einen wirklichen Körper, sofern die beiden Zeichnungen mit Rücksicht hierauf angefertigt sind. Daß die stereoskopische Erscheinung wirklich das Produkt der beiden Seitenbilder ist, erkennt man schon, wenn man diese Bilder aus ihrer richtigen Stelle entfernt, indem man sie etwas weiter aus einander rückt; man erblickt alsdann Bruchstücke von Bildern.



Das Stereoskop erregte anfänglich keine große Aufmerksamkeit; erst im Jahre 1850, zwölf Jahre nach seinem ersten Bekanntwerden, begann seine Glanzperiode, und zwar auf Veranlassung eines Besuchs, den der berühmte schottische Physiker Brewster in Paris machte. Die Franzosen warfen sich auf den bisher kaum gewürdigten Apparat mit einem wahren Feuereifer, und die jetzige große Verbreitung desselben ist hauptsächlich ihr Werk. Wheatstone hatte bisher absichtlich immer nur einfache Umrißzeichnungen ohne Schatten und Farben angewandt, um zu zeigen, daß die Wirkungen seines Instruments nicht von diesen Hülfsmitteln abhingen. An den einfachen Gegenständen, die es zeigte, so lange die Zeichnungen mit der Hand angefertigt werden mußen, wie z. B. geometrische Körper, eine Urne, eine Spiralfeder u. dgl., hatte man sich bald satt gesehen; verwickeltere Gegenstände in der erforderlichen Weise richtig zu zeichnen ist aber so außerordentlich schwierig, daß es selbst dem vollendeten Künstler nicht überall gelingt.

Die Sachlage änderte sich völlig, nachdem man angefangen, sich zur Gewinnung der Abbildungen der Lichtbildnerei zu bedienen.

Die Aufnahme der zu einer stereoskopischen Ansicht gehörigen beiden gleich großen Bilder hat also von zwei etwas verschiedenen Standpunkten aus zu erfolgen. Ueber die Entfernung dieser Punkte so wie des Gegenstandes bestehen gewisse Regeln. Man kann die Aufnahme mit einer einfachen Camera durch zweimaliges Aufnehmen erreichen, nachdem vor der zweiten Aufnahme der Apparat um die erforderliche Entfernung nach einer Seite gerückt wird, ohne sonst seine

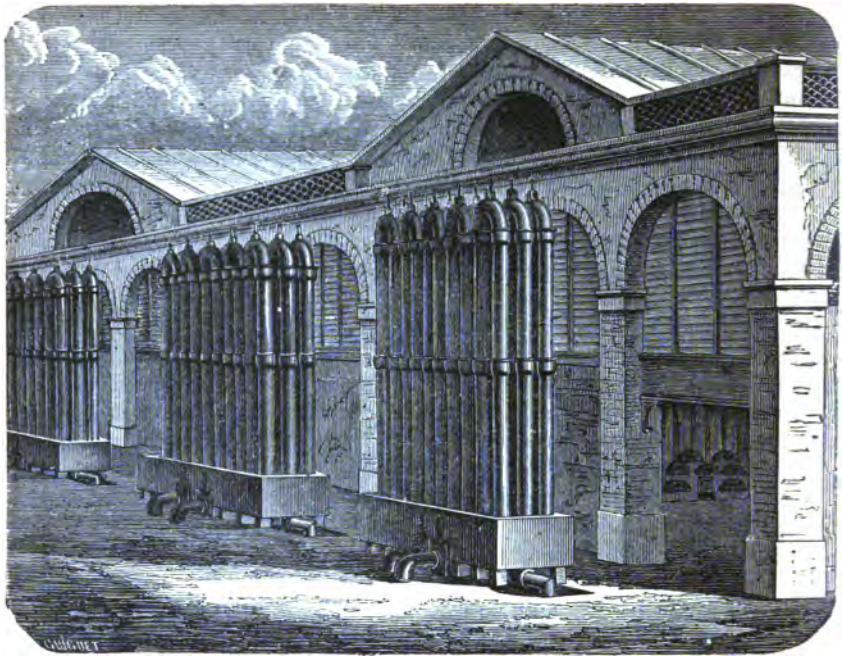
Richtung nach dem Gegenstande zu verändern. Meistens aber benutzt man eine Camera mit zwei Objektiven und nimmt beide Ansichten zugleich und neben einander stehend auf die präparirte Glasplatte. Von diesem Negativ wird nun erst das benutzbare positive Papierbild abkopirt, und wohlgemerkt in seine beiden Hälften zerschnitten und diese umgestellt, denn so erst lassen sich beide wie ein einziges Bild erschauen. Manche Ansichten sind auch auf Glas, also einen durchsichtigen Grund gebracht und machen dadurch eine eigenartige malerische Wirkung.

So haben wir denn in der durch die Lichtbildnerei erst möglich gewordenen Stereoskopie eine Errungenschaft, welche Geist, Gemüth und Phantasie in hohem Grade zu beschäftigen geeignet ist. Sie versetzt uns, wie ein Zaubermantel, im Augenblick an die entlegensten Oertlichkeiten, von den Wundern der Alpenwelt in die idyllischen Haine des Südens, in die berühmtesten Städte und Punkte der Welt, kurz zu allen Wundern der Natur und Kunst. Wie zauberhaft schön und naturwahr sind diese Felsen, diese Baumgruppen, das hochaufbrausende Meer! denn selbst diesen Anblick vermag man jetzt, wo eine fast augenblickliche Aufnahme ermöglicht worden ist, festzuhalten. So bildet das Stereoskop in Verbindung mit der Lichtbildnerei gleichsam ein verstärktes Teleskop, welches aus noch viel weiteren Fernen her die Gegenstände in den von Natur so engen Gesichtskreis des Menschen zu ziehen vermag, und darum ist das Instrument auch so populär geworden, daß Millionen dadurch Belehrung und Genuß suchen und finden.

Einer Anwendung des Stereoskopes wollen wir noch gedenken, die für Fälscher von Banknoten und Kassenscheinen jedenfalls sehr unerwünscht ist.

Bringt man zwei echte Kassenscheine, die von einer und derselben Platte stammen, in einen stereoskopischen Apparat, so wird man nur den Eindruck einer planen Zeichnung haben, also keine Tiefe bemerken. Anders verhält sich's, wenn die beiden Kassenscheine nicht von derselben Platte, oder wenn die Schrift von einem auch nur etwas andern Satze ꝛc. ist. In diesem Falle nämlich zeigen sich die Worte, eben weil sie verschoben sind und sich nicht vollständig decken, nicht mehr in einer Ebene liegend, sondern sie erheben sich treppenartig übereinander schweben gleichsam in der Luft.

Beobachtet man also einen unechten Kassenschein neben einem echten im Apparat, so wird das Heraustreten der Schrift oder der Zeichnung aus der Ebene deutlich zu bemerken sein und hierdurch das Falsifikat seine Bestätigung finden. Die Nachahmung mag dann auch noch so gut sein — kleine Abweichungen vom Original werden doch stattfinden und der stereoskopische Apparat bringt dieselben mit unfehlbarer Sicherheit ans Licht.



Kondenſator der Gasanſtalten.

Die Gasbeleuchtung.

Bei dem mit Ausgang des vorigen Jahrhunderts begonnenen großartigen Aufſchwunge der techniſchen Wiſſenſchaften und Künſte mit ſeinem zahlreichen Gefolge wichtiger, hochnützlicher, dem Leben neue Erleichterungen und Annehmlichkeiten zuführender Erfindungen konnte es gar nicht fehlen, daß auch an das Beleuchtungsweſen die beſſernde und umbildende Hand gelegt wurde. Es ergab ſich das aus dem Laufe der Dinge ganz von ſelbſt. Nachdem der Sauerſtoff entdeckt worden war und man damit erſt die Einſicht gewann, was für ein Vorgang die Verbrennung ſei, folgten die Verbeſſerungen der Lampen durch Argand und Andere, und die trübe Oelflamme erglänzte fortan in einem reineren Lichte, zumal da man auch das Oel ſelbſt durch Raffiniren verbeſſern lernte. Das ſchmierige Talglicht trat in den Hintergrund vor dem Stearin, dem härteren und reineren Leuchtſtoff, den die Chemie im Talg ſelbſt entdeckte. Später kam hierzu ein faſt noch ſchönerer Kerzenſtoff, das Paraffin, welches aus gewiſſen Erdkohlen und Erdölen gewonnen wird, ſowie verſchiedene Arten

Pflanzenwachs aus Palmen und andern fremden Gewächsen. Unter den neu auftauchenden flüssigen Beleuchtungsmitteln ist keines in solche Aufnahme gekommen als das Petroleum; es erleuchtet nicht nur die städtischen Wohnungen, die Wohnungen der Wohlhabenden und Reichen, sondern selbst die der Dorfbewohner, bis zum ärmsten Taglöhner herab.

Die vorbenannten Beleuchtungsmittel würden völlig ausreichen, um in unsern Wohnungen jeden gewünschten Grad von Helligkeit zu erzeugen; um aber Straßen und Plätze, Theater, Konzertsäle, große Arbeitsräume ꝛc. zu erleuchten, würden sie theils zu theuer sein, theils aber wäre ihre Anwendung mit großen Unbequemlichkeiten verbunden. Hier tritt nun das Gaslicht ergänzend ein, diese bei ihrem ersten Auftreten als Zauber- und Wunderlampe angestaunte Flamme, die aber im Grunde doch nichts Anderes ist als alle Flammen, die jemals zur Beleuchtung gedient haben, eine alte Sache in neuem Zuschnitt, denn jede Kerze ist eine Gasanstalt, die in ihrem Dochte Gas entwickelt, welches sofort mit Flamme verbrennt, weil die nöthige Luft gleich vorhanden ist. Bei der Gasbeleuchtung bildet der glühende Inhalt der Retorten den Docht, und die Verbrennung der Gase erfolgt anderswo. Hieraus ergiebt sich zugleich, daß alle Stoffe, die mit Flamme verbrennen, auch zur Gasfabrikation dienen könnten, und wollten wir das Oel, das Stearin, Paraffin u. s. w. der Gasanstalt übergeben, so würde sie uns sehr schönes Gas daraus liefern. Sämmtliche leuchtenden Flammen aber, gleichviel wovon sie sich nähren, haben auch Das gemein, daß ihr eigentlicher Leuchtstoff immer derselbe ist: es sind glühende Kohletheilchen, die in der Flamme schweben, bis sie zu Kohlensäure verbrannt oder bei unvollkommener Verbrennung zum Theil als Ruß ausgestoßen werden.

Alle Verbrennung ist nichts Anderes als eine Verbindung des Sauerstoffes der Luft mit dem brennenden Körper. Verbrennt Wasserstoff allein, so entsteht als Verbrennungsprodukt Wasser; verbrennt Kohle allein, so entsteht bei hinreichendem Sauerstoffzutritt Kohlensäure. Jede Leuchtflamme entwickelt mithin, so lange sie brennt, fortwährend Dämpfe von Wasser und Kohlensäure, und das ist in der Ordnung; was etwa noch nebenbei erzeugt wird, ist stets eine unwillkommene Verunreinigung.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß als Beleuchtungsmaterial nur solche Stoffe in Betracht kommen können, die sehr reich an Kohlenstoff und Wasserstoff sind und dabei keinen oder nur wenig Sauerstoff enthalten; denn je mehr Sauerstoff schon vorhanden ist, desto weniger kann noch hinzutreten und desto schwieriger ist die Verbrennung. Daher brennen z. B. Steine gar nicht, weil sie schon vollständig mit Sauerstoff gesättigt sind. Nun bestehen die bekannten Leuchtstoffe, wie Oele, Thran, Talg und andere Fette, Walrath, Wachs u. s. w., der Hauptsache nach aus Kohlen- und Wasserstoff, und ebenso auch das Leuchtgas, das übrigens ein Gemenge von mancherlei brennbaren Verbindungen ist. So kann man z. B. daraus Benzin abscheiden, wobei aber die Leuchtkraft verloren geht. Bei strenger Kälte verstopfen sich die Hauptähne leicht durch eine schneeähnliche Masse, die aus Krystallen von Naphthalin besteht, einem paraffinähnlichen Körper, der durch Weingeist gelöst und fortgespült wird.

Bei einem Schadenfeuer kommt es wol vor, daß aus dem Holzwerke eines nahe stehenden Gebäudes plötzlich die Flammen herausbrechen, obgleich man bestimmt weiß, daß die Flammen des Hauptfeuers nicht bis dahin reichen konnten. Das macht die starke Hitze, sagen dann die Leute, und nicht mit Unrecht; aber es muß auch erklärt werden können, wie sie es macht. Die Hitze zersetzt nämlich oder trennt die Verbindungen der Urbestandtheile des Holzes; der Wasserstoff wird frei und tritt wieder als Gas auf, was er früher gewesen, nimmt aber zugleich auch mehr oder weniger von den Kohlentheilchen des Holzes auf, und so entsteht gasförmiger Kohlenwasserstoff, der das Holz verläßt und beim Heraustreten an die Luft zu Kohlensäure und Wasser verbrennt. Diese Verbrennung bildet eben die Flamme. Ist aller Wasserstoff fort, so bleibt eine ruhig verglühende Kohle zurück, die nur noch Kohlensäure und zuletzt die mineralischen Bestandtheile des Holzes, die Asche, bildet. Das Holz wird demnach hier ganz so destillirt wie die Kohle in der Gasanstalt, nur daß dort die gewonnenen Gase keine Gelegenheit zum sofortigen Verbrennen haben. Sie kühlen daher ab und müssen, um in Brand kommen zu können, erst wieder erhitzt, d. h. angezündet werden, was natürlich nur zu Anfang der Verbrennung erforderlich ist. Das Kohlenwasserstoffgas steckte indeß als solches weder im Holze noch in der Kohle, sondern bildete sich erst während der Destillation — d. h. der Zerstörung des Organismus des Holzes u. s. w. — durch Hitze. Sehen wir uns, um noch ein Beispiel zu haben, die bekannten Nachtlichter mit dem Glasröhrchen an, bei denen das Oel ohne Docht verbrennt. Um ein solches in Brand zu bringen, muß eine Flamme einige Zeit an die Spitze des Röhrchens gehalten werden. Die dem letzteren dadurch mitgetheilte Hitze verwandelt bald ein Wenig des in dem feinen Kanale stehenden Oeles in Gas, ein Flämmchen erscheint an der Spitze und der Destillations- und Verbrennungsprozeß, einmal eingeleitet, setzt sich nun leicht von selbst fort.

Hiernach wird der Satz zur Genüge verständlich sein, daß jede Flamme nichts Anderes als eine Gasflamme ist. Ist aber der Brennstoff nicht an sich schon sehr flüchtig und daher leicht feuerfangend, so muß ihm die Gasform durch Hitze gegeben werden, und das ist eben bei den Lampen und Kerzen die Aufgabe des Dochtes, beim Leuchtgas die der Retorte.

Gehen wir nun über zu dem Geschichtlichen der Gasbeleuchtung und dann zur Fabrikation des Gases. Von einer Erfindung des Gaslichtes läßt sich kaum sprechen; schon den alten Alchemisten, die Jahrhunderte lang die Natur in ihren Retorten quälten, kann es nicht entgangen sein, daß unter Umständen Gase herausfuhren, die sich an der Luft entzündeten. Sie suchten aber eben etwas Anderes. In Kohlenschächten sind von jeher Gasausströmungen aus den Spalten der Kohlenlager gern angezündet worden; ja eigentlich stand man schon vor 200 Jahren ganz nahe an der Gasbeleuchtung. Der deutsche Chemiker Becher betrieb damals in England als Erster die Koksbrennerei, ein der Gasdestillation ganz ähnliches Verfahren, nur daß es dabei lediglich auf die Rückstände, eben die Koks, abgesehen ist und die Gase dabei in die Luft entlassen werden. Diese Ausströmungen wurden von den Arbeitern zur Ergötzlichkeit öfter angezündet,

aber die langen Feuersäulen zündeten in keinem Kopfe einen Gedanken der Nutzbarkeit an; man begnügte sich damit, der Sache einen Namen zu geben: philosophisches Licht. Im Jahre 1739 hat nach Angaben der Engländer ein dortiger Geistlicher, Clayton, bei seinen physikalischen Versuchen ebenfalls das Gaslicht entdeckt, es aus einer Flasche von Steinkohlen abgetrieben, in Blasen aufgefangen und dessen Brennbarkeit gezeigt, ohne daß sich daran irgend etwas Praktisches geknüpft hätte, außer daß diese Versuche seitdem in Laboratorien öfter wiederholt wurden. Im weiteren Verlaufe des vorigen Jahrhunderts ist die Benutzung der durch die trockene Destillation entstehenden Gase mehrfach zur Sprache gekommen und zu Ende desselben wurden ziemlich gleichzeitig in England, Frankreich und Deutschland hierauf bezügliche Versuche gemacht, die aber nur in ersterm Lande bis zur Praxis weitergeführt wurden.

In Deutschland machte zuerst (1801) der verdiente Chemiker Lampadius in Freiberg seine diesfallsigen Ideen bekannt und begann mit Versuchen; ihm folgte in Frankreich Lebon, den die Franzosen für den wahren Erfinder ansehen. Gleichwol kam durch Lebon's Bemühungen nichts zu Stande, und als endlich 1816 die Gasbeleuchtung in einigen Pariser Hospitälern eingeführt werden sollte, mußte man dazu zwei Engländer kommen lassen.

Lebon nannte seinen Apparat Thermolampe, d. h. ein Ding, das zugleich leuchtet und heizt. Das Gas entwickelte er aus Holz. Da aber hierzu eine große Masse Holz nöthig war und man noch nicht verstand, das Holzgas hell leuchtend zu machen, so kam es zu keiner Anwendung. Lebon war immerhin ein Mann von gediegenem Wissen; er fand aber mit seinen Plänen bei seinen Landsleuten nicht den geringsten Anklang, setzte sein Vermögen zu und endete dann durch Selbstmord oder, wie die Franzosen sagen, durch Meuchelmord. Gleichzeitig mit ihm und unabhängig arbeitete in England im Kohlendistrikt Cornwallis Murdoch an der Verwirklichung der Gasbeleuchtung, natürlich auf der Grundlage der Steinkohle. Er brachte es so weit, daß er nach und nach einige Fabriken in der Provinz, zunächst die berühmte von Boulton und Watt zu Soho, mit Gasbeleuchtung versehen konnte; aber die allgemeinere Theilnahme des Publikums wollte sich dennoch nicht finden. Da trat eine merkwürdige Persönlichkeit hervor, ein gewisser Winzler, kaiserlicher Hofrath aus Znaim, unwissend in technischen Dingen, vielleicht ein Enthusiast, jedenfalls aber der Mann dazu, zu irgend einem Zwecke ein Publikum mit allen Mitteln zusammen zu bringen. Dieser Mann hatte sich in Paris die Thermolampe des Lebon angesehen und die von diesem herausgegebene, denselben Gegenstand betreffende Schrift ins Deutsche übersetzt. Darauf hat er (1802) in mehreren deutschen Städten, Wien, Braunschweig, Hamburg u. a., das Holzgaslicht öffentlich vorgeführt. Etwas später gab Werner zu Leipzig und in einigen andern Städten Sachsens eben solche Vorstellungen, richtete auch 1808 in einer Tuchmanufaktur zu Züllichau die Beleuchtung mit Holzgas ein. Aus allen diesen Anregungen ergab sich jedoch bei uns nichts Bleibendes; die Gasbeleuchtung mußte später von England bezogen werden. Dahin hatte sich auch Winzler nach seinem Auftreten in Deutschland begeben; er englisirte dort seinen Namen und schrieb sich Winsor. Mit allen Künsten der

Marktschreierei, unter dem Versprechen ungeheuerer Dividenden suchte er Theilnehmer an einem Aktienunternehmen für Beheizung und Beleuchtung, und diese Berufung an die Gewinnsucht hatte auch ihren Erfolg: es kamen Gelder in Menge zusammen, nicht blos ein-, sondern mehrmals, denn die ersten so unreifen Unternehmungen scheiterten natürlich. Winzler aber ließ sein Publikum nicht mehr zu Athem kommen, und dieses beharrliche, durchaus nicht von Gewinnsucht beeinflußte Kämpfen verdient immer einige Anerkennung. Erst im Jahre 1810, nachdem er zweimal abgewiesen worden, erhielt der zähe Mann für *seine* Erfindung ein Patent, obwol er gar nicht im Stande war Etwas zu erfinden. Der Gegenstand war die Beleuchtung mit Steinkohlengas, wovon damals nur einige Engländer Etwas verstanden. Winsor war aber endlich praktisch genug gewesen, solche Leute zu seinen Unternehmungen heranzuziehen. Diese waren Clegg, Murdoch's Zögling, und der Chemiker Accum. Mit solcher Hülfe und auf seinem Patente fußend, hatte er endlich festen Boden gewonnen. Die Privilegien für seine Gesellschaft wurden 1816 verlängert und noch erweitert, und 1825 hatte die Winsorcompagnie bereits mehrere große Gasanstalten in London und den Vorstädten im Gange.

Für England war hiermit die Entscheidung zu Gunsten der Gasbeleuchtung eingetreten; die Kapitalien strömten den neuen Unternehmungen zu, und in kleinen wie großen Städten erwuchsen Gasanstalten. Winsor hat auch den Franzosen zuerst die Gasbeleuchtung zugeführt, und wenn er auch sein in Paris begonnenes Unternehmen in andere Hände mußte übergehen lassen, so war doch damit die Angelegenheit in Fluß gebracht, wenn auch in einen langsamen, denn in Frankreich gelangte man erst etwa zwanzig Jahre später als in England auf den Standpunkt der vollen Entwicklung.

Was nun das Aufleben des Gaslichts in Deutschland betrifft, so hatte zwar schon 1816 Lampadius auf dem Amalgamirwerke zu Freiberg eine ordentliche Beleuchtung mit Steinkohlengas eingerichtet, ebenso ein Jahr später Prechtl im Polytechnikum zu Wien, doch blieben dies vereinzelte Fälle; die ersten Städtebeleuchtungen wurden von Engländern hergestellt, und zwar geschah dies 1826 zu Hannover und Berlin. Es fanden sich aber bald deutsche Techniker, die den Fremden Konkurrenz machten, und als einer der ersten Blochmann in Dresden. Dieser, später in Verbindung mit seinem Schwiegersohn, hat nicht allein zahlreiche Städte mit Gas versorgt, sondern auch eine ganze Reihe namhafter Gastechniker gebildet. Von Blochmann stammen unter andern die Gasanstalten zu Leipzig (1837 und 1838), und zwei Jahre später die Berliner Konkurrenzanstalt gegen die englische, welche sich dort mit ihren hohen Gaspreisen und andern Dingen sehr unbequm gemacht hatte. Im Ganzen haben sich die deutschen Gastechniker so bald und gut in das Fach gefunden, daß nach 1850 Engländer, Franzosen und Belgier kaum noch Gelegenheit gehabt haben, sich für uns zu bemühen. Heutzutage haben nicht nur alle großen und Mittel-, sondern auch die meisten Kleinstädte ihre Gasbeleuchtung, und um Leipzig findet sie sich sogar in mehreren Dörfern. Einzeln stehende große Fabriken und andere Anstalten dürfte es wenig mehr geben, die nicht ihre eigenen Gasanstalten besäßen, und in

gewissen Fällen können ihnen ölige und fettige Fabrikabgänge gleich den Rohstoff zum Gase liefern.

Daß die Gasbeleuchtung bei ihrem Auftreten auf mehr Widerwillen als Theilnahme stieß, erklärt sich leicht durch die schlechte Beschaffenheit des Gases in der ersten Zeit. Das rohe Steinkohlengas enthält Unreinheiten, die seinen Gebrauch sehr lästig machen; diese schädlichen Nebenbestandtheile mußten aber erst richtig erkannt und die besten Mittel zu ihrer Entfernung aufgesucht werden, und hierzu war wie zu andern Dingen auch eine Lehrzeit nöthig. Das rohe Gas enthält stets, infolge des Stickstoffgehalts der Steinkohlen, Stickstoffverbindungen, wie Ammoniak und Cyan, und das fast nie in den Kohlen fehlende Schwefeleisen giebt Anlaß zur Bildung von Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium. Diese verbrennen in der Gasflamme zu schwefliger Säure, dem wohlbekannten scharfen und lästigen Schwefeldampf. Außerdem enthält das Rohgas Kohlensäure, welche wenigstens die Leuchtkraft abmindert. Alle diese Stoffe sollen nun möglichst vollständig in den Reinigungsapparaten zurückgehalten werden, um so mehr, als das Gas auch um so heller brennt, je reiner es ist.

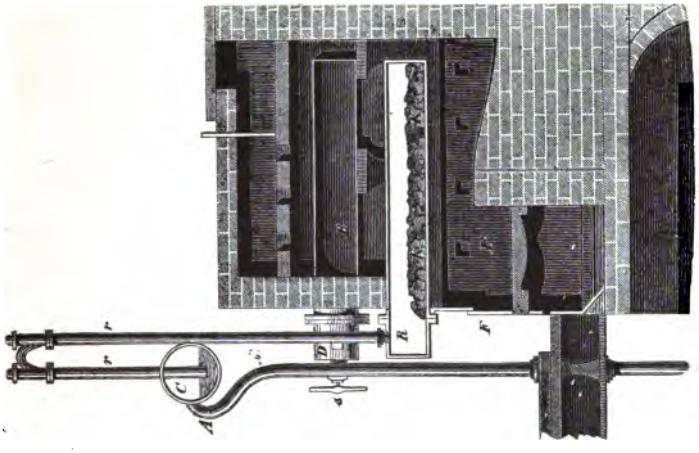
Sehen wir uns nun die Fabrikation des Gases etwas näher an, zunächst unter der Annahme, daß das gewöhnlichste und wichtigste Rohmaterial, Steinkohlen, die Grundlage bilden. Nicht jede Kohle ist gleich gut zur Gasbereitung geeignet. Eine Gaskohle ist um so besser, je mehr sie Flammen entwickelt, wenn sie im freien Haufen verbrannt wird. Die Kohlensorten zeigen auch beim Destilliren verschiedenes Verhalten; es giebt deren, die dabei schwinden, während andere sich zu größeren Massen aufblähen als sie früher waren. Die Steinkohle zersetzt sich bei der trockenen Destillation in Glühhitze in tropfbare Flüssigkeiten und Gase, welche abziehen, während ein Rückstand schlackiger Kohle, die Koks, in der Retorte zurückbleibt. Das Gasförmige und das Flüssige fängt man besonders auf und verwendet ersteres zur Beleuchtung. Sonach erscheint die Sache sehr einfach; aber sie wird verwickelter durch die nöthige umständliche Reinigung des rohen Gases, und eine große Gasanstalt ist ein Komplex von vielerlei Gebäuden und Apparaten, und Alles tritt da massenhaft auf, Kohlen, Koks, Theer und andere Abgänge, sowie die Ansammlung des Gases in mächtigen Gasometern.

Der Destillirofen ist natürlich der Wurzelstock der ganzen Anstalt; er besteht aus mehr oder weniger Abtheilungen, in deren jeder fünf Retorten in einem Feuer so angeordnet liegen, wie es die nächste Abbildung zeigt. Die dort ersichtliche Form der Retorten, gewölbt mit flachem Boden, ist auch die am meisten gebräuchliche. Die Länge der Retorten beträgt drei Meter und ihr Material ist entweder Gußeisen oder neuerdings häufiger Thonmasse, namentlich in den größeren Anstalten, wo große Mengen Gas rasch fertig werden müssen. Da kann man eiserne Retorten gar nicht brauchen, weil diese nur helle Rothglut aushalten, während man mit Thonretorten bei Weißglut arbeitet. Hiernach sind bei Eisen und Thon die Betriebszeiten wie auch die Produkte verschieden. Wenn man in Eisenretorten eine Füllung etwa acht Stunden destillirt, so wird nichts mehr erhalten, aber das Erhaltene ist gutes Gas und der Rückstand sind gut heizende, also

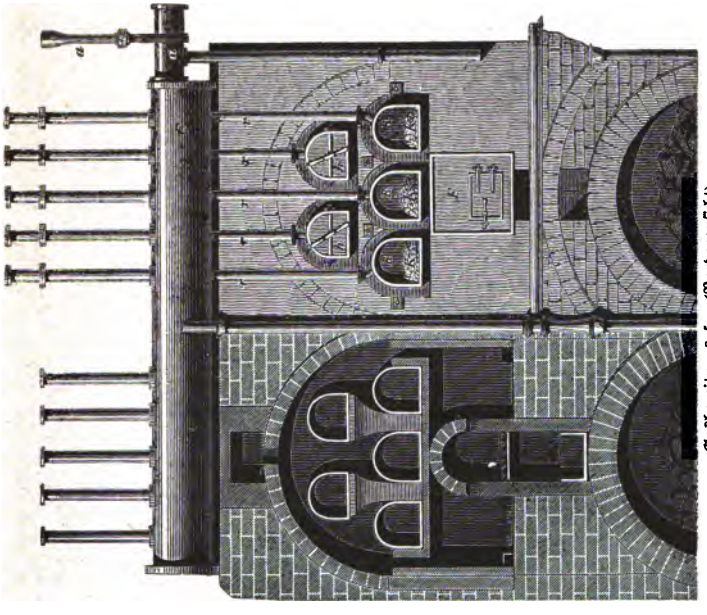
auch gut verkäufliche Koks; bei dem forcirten Betriebe mit Thonretorten dagegen dauert ein Abtrieb kaum halb so lange, man erhält viel mehr, aber dünneres Gas, und die Koks sind ohne Heizkraft und wenig werth. Die größere Dünnheit und schwächere Leuchtkraft solchen Gases rührt daher, daß bei Steigerung der Hitze das Gas mehr und mehr kohlenstoffarm wird und sich der Beschaffenheit des reinen Wasserstoffgases nähert. Wo also nicht bereits sehr gute Gaskohlen zu Gebote stehen muß man das Gas durch Zuschläge von besonders gasreichen Kohlen verbessern, und hierzu bedient man sich meistens der englischen Boghead- oder Cannelkohle.

Die Thonretorten werden in den Gasanstalten selbst geformt und gebrannt; alle schadhaft gewordenen werden immer wieder zerstampft und das Pulver mit zur neuen Masse geschlagen. Die neuen sind im Anfang ziemlich undicht und entlassen Gas durch ihre Wandungen, verstopfen sich aber bald durch theerige Theile und überziehen sich innen durch eine Lage höchst harter kohliger Masse. Wird diese zu stark, so brennt man sie aus, indem man, während die Retorten und ihr Inhalt im Glühen sind, sowol die Kopfplatte als die ebenfalls bewegliche Hinterplatte wegnimmt. Unter dem nun freien Luftzutritt entsteht Zug und lebhafte Verbrennung, welche die Kruste zerstört. Das aus dem Ofen hervorragende Stück, der Retortenkopf, ist stets von Eisen; seine vordere Platte ist zum An- und Abschrauben eingerichtet und von hier aus werden die Retorten mit frischen Kohlen beschickt und die Koks herausgezogen, was Alles in Einem fort ohne Unterbrechung des Feuers geschieht. Auf jedem Retortenkopfe steht ein senkrechtes Rohr, in welchem die in den Retorten entwickelten Gase und Dämpfe nach oben steigen; hier biegt jedes Rohr kniefömig und läuft nach einer gemeinschaftlichen großen Sammelröhre, die sich über oder auch hinter den Oefen horizontal hinzieht. Diese Vorlage bildet den ersten Kondensator und ist immer bis über die Hälfte mit Wasser und Theer gefüllt, weil ihr Abflußrohr nicht in der tiefsten Stelle, wie der Zapfen am Weinfaß, sondern weiter nach oben einsetzt. In diese Flüssigkeit tauchen die Enden der Retortenrohre unter, und es besteht sonach ein Wasserverschluß, welcher das Zurückschlagen des Gases hindert, wenn die Retorten geöffnet werden. Die aufgetriebenen Dämpfe von Theer und ammoniakhaltigem Wasser verflüssigen sich hier schon zum großen Theil, das Gas aber durchbricht in Blasen die Flüssigkeit und sammelt sich in dem oberen Theile der Vorlage. Alles, was nun im Fortgange der Destillation an Gas und Flüssigkeit keinen Platz mehr in der Vorlage findet, muß in dem gemeinschaftlichen Senkrohr nach unten gehen. Dieses Rohr führt in die Theercisterne und seine Mündung taucht ebenfalls in die Flüssigkeit unter; während hier Theer und Ammoniakwasser sich sammeln, geht das noch heiße Gas durch einen sich vom Standrohr wagerecht abzweigenden Kanal nach den Reinigungsapparaten weiter. Theer und Ammoniakwasser werden später getrennt und geben eine Nebennutzung. Das Wasser wird gewöhnlich mit Schwefelsäure versetzt und eingedampft, wobei schwefelsaueres Ammoniak als festes Salz herauskryſtallisirt. Vom Theer wird wol mitunter ein Theil durch kleine Röhren in die Retorten zurückgeleitet, wo er sich noch größtentheils in Gas verwandelt; indeß ist derselbe

zum Behuf der Benzinfabrikation jetzt ein so gesuchter Artikel, daß man ihn lieber verkaufen wird. Die so weit beschriebene Einrichtung paßt indeß nur für englische



Gasbereitungsofen (Durchschnitt).



Gasbereitungsofen (Vorderansicht).

Gaskohlen und solche, die ihnen in ihrer Beschaffenheit nahe stehen, d. h. deren Destillationsprodukte sich rasch und leicht schon in der Hitze in Tropfbares und

Gasförmiges trennen. Bei deutschen Kohlen geht diese Trennung meist schwieriger und nur bei kühlerer Temperatur vor sich, daher hier der Sammelcylinder nicht auf dem Ofen selbst liegen kann, vielmehr die Retortenröhren über diesen hinweg und hinten nach der Tiefe gehen, wo der Sammler dem kühlen Boden nahe liegt. Auch die nachfolgenden Reinigungsarbeiten sind bei englischen Kohlen viel weniger umständlich als bei andern. Auf alle Fälle handelt es sich zunächst darum, das noch heiße Gas bis zur äußeren Temperatur abzukühlen, wobei sich noch viele wässerige und theerige Theile abscheiden, die in der Kälte nicht dampfförmig bleiben können. Hierzu dient bei Anstalten nach englischem Muster der Kondensator, eine Zusammenstellung auf- und niedersteigender, mit den unteren offenen Enden in Wasserkästen steckender Röhren, die das Gas durchstreichen muß, und welche im Sommer gewöhnlich von kaltem Wasser äußerlich überflossen werden. Statt dessen dienen auch große Kühlcylinder mit mehreren Böden, zwischen denen das Gas hin und her streichend sich abkühlt. In andern Anstalten füllt man die Kühlgefäße mit Koks an, wo dann dem Gas zugleich viel ölige und theerige Theile entzogen werden, für welche die Koks eine starke Anziehungskraft besitzen. Ueberhaupt herrscht bei den nun folgenden Reinigungsprozeduren die größte Mannichfaltigkeit, wobei die bloße Vorliebe für Dies oder Jenes wol ihren Theil haben mag, besonders aber doch die Rücksicht vorzuwalten hat, welche schädliche Stoffe hauptsächlich zu bekämpfen sind. Bei englischen Kohlen wird das verkühlte Gas gewöhnlich mit bloßem Wasser gewaschen und kommt dann in die später zu erwähnenden Hordenapparate, die mit feuchtem Kalk belegt sind. Die Wäscher sind entweder geschlossene, Wasser haltende Trommeln, in denen sich eine Flügelwelle dreht, oder man sendet einem aufsteigenden Gasstrom das Wasser in Gestalt eines dichten feinen Regens entgegen. Die schließliche Reinigung beruht immer auf der chemischen Wirkung der angewandten Reinigungsmittel, welche zuerst in flüssiger und zuletzt in mehr trockener Form angewandt werden. Der frischgelöschte Kalk spielt unter den Reinigungsmitteln immer eine Hauptrolle; seine Funktion ist, dem unreinen Gas Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Cyan zu entziehen. In manchen Fabriken giebt man ihn gleich zu dem Wasser in den Wäscher. Das Ammoniakgas aber, das nur zum Theil von dem kondensirten Wasser verschluckt worden ist, wird vom Kalk nicht aufgenommen; man bindet es, indem man das Gas nachgehends durch verdünnte Schwefelsäure oder salzsaure Kalklösung (Chlorcalcium) streichen läßt. Im ersten Falle wird schwefelsaures, im zweiten salzsaures Ammoniaksalz (Salmiak) durch doppelte Zersetzung gebildet, denn das im Gas auftretende Ammoniak ist kohlensaures. In neuerer Zeit jedoch kehrt man die Sache meistens um und setzt vor oder nach dem Waschen als Vorreiniger Kästen, in denen Lösungen von wohlfeilen Metallsalzen — Eisenvitriol, Chlormangan aus Chlorkalkfabriken — zwischen aufgeschichteten Knüppeln herabrinnen, wo sie dem Gas begegnen und sich mit dem Ammoniak und Schwefelgas dergestalt zersetzen, daß sie verschwinden, indem sich z. B. mit Eisenvitriol schwefelsaures Ammoniak, das kein Gas mehr ist, Schwefeleisen und Wasser bildet. Durch solche Prozeduren sind die schädlichen Beimengungen des Gases größtentheils, aber nicht ganz entfernt

worden, denn es läßt sich denken, daß immer eine Menge Gasbläschen durchschlüpfen, die mit dem Reinigungsmaterial in keine direkte Berührung kamen. Deshalb hat man bei jeder Methode als Schlußapparate Kästen, in welchen eine Anzahl Horden über einander angebracht sind, durch welche das Gas hindurch streichen muß, um sich in dem darauf liegenden grobpulverförmigen Reinigungsmaterial vollends zu säubern, besonders von seinem Rest an Schwefelwasserstoff. Früher belegte man die Horden mit feuchtem Kalk und den obengenannten Metallsalzen, die man jetzt lieber in Lösung anwendet, auch mit Gips und andern Stoffen. Gegenwärtig jedoch ist ein anderes Mittel sehr in Aufnahme gekommen, nämlich Eisenoxyd, das man gleich, wie es die Natur giebt, als Roth- oder Brauneisenstein anwenden kann. Das Pulver wird in Vermischung mit Moos, Sägespänen, Lohe u. dgl. 5 Centimeter hoch auf die Horden geschichtet, und nachdem das Gas, in den Kästen auf und ab steigend, 12—16 solcher Lagen durchdrungen hat, ist es vom Schwefelwasserstoff befreit; dieser ist, indem er dem Metalloxyd Sauerstoff entzog und sich damit verband, zu etwas Schwefelsäure und Wasser geworden. Durch diese Sauerstoffverluste wird das Eisenoxyd endlich Oxydul, oder vielleicht zu einem Gemisch von solchem und Schwefeleisen und thut nun keine Wirkung mehr; es geht aber die Masse beim bloßen Aussetzen an die Luft durch Sauerstoffaufnahme bald wieder in den vorigen Stand über und kann alsdann und in beliebigen Wiederholungen immer von Neuem gebraucht werden. So scheint sich die Sache jetzt zu gestalten, während nach dem Urheber dieser Methode, Laming, zu dem Oxyd noch kohlensaurer Kalk gemischt wird, wo dann die Zersetzung komplizirter, das Resultat aber das nämliche ist.

Das Gas ist als hinlänglich gereinigt zu betrachten, wenn ein mit Bleizuckerlösung benetztes Papier durch dasselbe nicht gebräunt wird. Etwas Theer und Wasser führt aber selbst das reinste Gas noch mit sich. Auch einen kleinen Gehalt an Schwefelkohlenstoff muß man sich gefallen lassen, da es für denselben, wegen seiner geringen chemischen Verwandtschaft zu andern Stoffen, kein praktisches Wegschaffungsmittel giebt.

In größeren Gasanstalten benutzt man von einer Dampfmaschine getriebene doppeltwirkende Saugwerke, sogenannte Exhaustoren. Sie sind zwischen dem Gasofen und den Reinigungsapparaten eingeschaltet, ziehen einerseits das Gas aus den Retorten und treiben es andererseits durch die Apparate weiter. Sie haben das Gute, daß sie einestheils dem zu langen Verweilen des gebildeten Gases in den Retorten und damit dem Schaden vorbeugen, den das Gas dadurch an seiner Güte erleiden kann, und anderntheils dem Gas über die Aufhalte forthelfen, die dasselbe in den verschiedenen Reinigungsapparaten findet.

Wir geben hierbei noch die Ansicht eines größeren Gasofens aus einer der bedeutendsten Gasfabriken von Paris. Hier bemerken wir in der Konstruktion die Neuerung, daß von der ersten Vorlage aus zwei Rohre das Gas noch höher aufwärts nach zwei Hauptsammelröhren führen, von denen es wieder in senkrechten Rohren herabsteigt, was der Scheidung von Gas und verdichtbaren Stoffen nur förderlich sein kann. Die Reihenfolge der Apparate ist in dieser

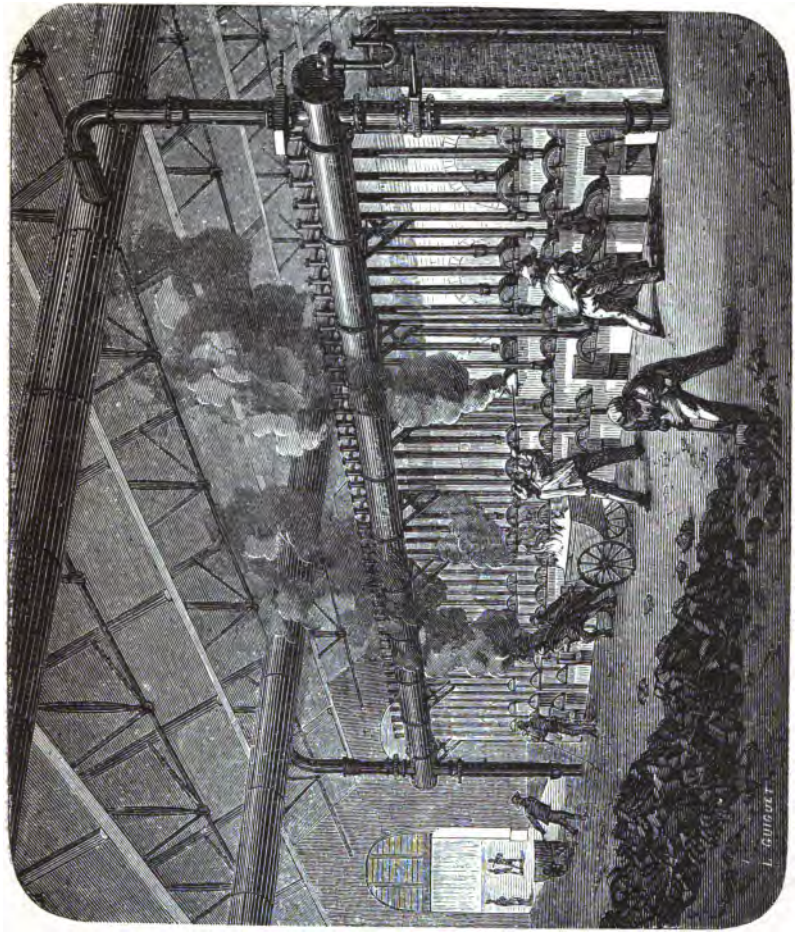
Anstalt, wie jetzt häufig, die folgende: Ofen, Exhaustor, Kondensator, Koks-kolonnen, Epurateur mit Kalkschichten, Gasometer.

Die Gaserzeugung aus andern Stoffen als Steinkohlen beruht auf den nämlichen Grundsätzen, erfordert aber zum Theil abweichende Methoden und Apparate. Harze, Theer, Fette u. dgl. muß man in kleinen Mengen ohne Unterbrechung in die Retorten laufen lassen, in denen Koks oder Ziegelstücken im Glühen erhalten werden und die Zersetzung zu Gas sofort erfolgt. Solche Stoffe, so auch Holz und der sich dem Holze sehr ähnlich verhaltende Torf, geben, da sie schwefelfrei sind, auch kein Ammoniak entwickeln, viel reinere Gase als Steinkohlen, daher statt aller Weitläufigkeiten höchstens eine Passirung des Gases durch Kalk zur Beseitigung der Kohlensäure erforderlich ist. Das Holz zersetzt sich bei der trockenen Destillation sehr rasch und schon in geringer Hitze, giebt daher neben vielem Theer nur Gase ohne Leuchtkraft. Professor Pettenkofer zeigte jedoch vor etwa zwanzig Jahren, daß unter Anwendung höherer Hitzegrade sehr schönes Gas aus Holz erhalten werden könne; es ist seitdem die Beleuchtung mit Holzgas in vielen Städten, z. B. Bayreuth, Würzburg, Heilbronn, Pforzheim, Basel, Zürich, Oldenburg, Koburg, Gotha, Darmstadt, eingerichtet worden und dürfte sich noch weiter verbreiten, da in mehreren Gegenden die Rechnung bei Holz sich entschieden billiger stellt als bei Steinkohlen. Man nimmt an, daß überall, wo ein Centner Nadelholz billiger zu haben ist als ein Centner zum Vergasen taugliche Steinkohle, die Beleuchtung mit Holzgas vortheilhafter sei. Zur Nacherhitzung des Holzgases ließ man es Anfangs durch glühende Röhren oder Kammern streichen, während man jetzt einfacher nur $^1/_3$ der Retorte mit Holz beschickt und so dem Gase Raum giebt, länger in der Hitze zu verweilen und dadurch erst vollständiger die Beschaffenheit des eigentlichen Leuchtgases anzunehmen.

Neben reinerem und schönerem Gas ($^1/_5$ mehr Leuchtkraft als Steinkohlengas) gewährt das Holz noch andere Vortheile: die Erzeugung kann viel rascher, also mit bedeutend weniger Oefen und Retorten erfolgen (1 Centner trockenes gespaltenes Holz ist mit Verfeuerung von 37 Kilogr. Torf in $1\,^1/_2$ Stunde abdestillirt und giebt 15—18 Kubikmeter Gas); und an Rückständen erhält man statt der Koks Holzkohlen, die im Werth dem verbrauchten Holze fast gleichstehen, statt des Steinkohlentheers den viel werthvolleren Holztheer, und statt des Ammoniakwassers Holzessig.

In neuerer Zeit wendet man zur Gasgewinnung mit gutem Erfolg die dickflüssigen oder butterartigen Rückstände an, welche bei der Raffinerie des rohen Petroleums verbleiben. Der Urheber dieser Industrie ist Professor Hirzel in Leipzig und die von ihm konstruirten und in seiner Fabrik gebauten sehr kompendiösen Apparate finden vielen Beifall für Fabriken, Werkstätten, Bahnhöfe und überhaupt Anstalten, die sich ihren Leuchtbedarf selbst beschaffen wollen. Der Hohlraum, in welchem das Gas entwickelt wird, hat einen eisernen Boden, der durch die Feuerung glühend erhalten wird. Durch den Druck eines Gewichts, welcher durch Flaschenzug und Windflügel zu reguliren ist und dessen Gang ein Schlagwerk angiebt, wird das Dicköl in jenem bemessenen dünnen Strahl

kontinuirlich in den Erzeuger gepreßt und verwandelt sich an dem glühenden Metall augenblicklich in Gas, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Auf seinem Gange zum Gasometer durchstreicht das Gas nur eine Kokskolonne und ist dann völlig rein.

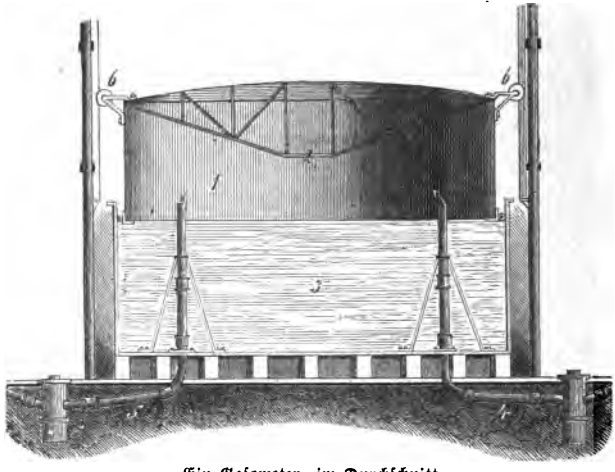


Eine größere Gasdestillation.

Das Licht dieses Gases übertrifft das des Steinkohlengases an Reinheit und Helle bei weitem. Die Wirkung ist um so überraschender, wenn man die Kleinheit der Flämmchen berücksichtigt, von welchen sie ausgeht.

Aus den Reinigungsapparaten tritt das Gas durch ein Rohr von unten in den Gasbehälter, gewöhnlich Gasometer genannt, obwol er nicht zum Abmessen, sondern zum Ansammeln des Gases und dazu dient, dasselbe in die

Röhrenleitungen oder auch einstweilen in einen andern entfernteren Gasbehälter zu drücken. Der Gasbehälter ist ein großes glockenartiges Gefäß aus Eisenblech, das mit dem unteren offenen Ende in einem gemauerten Bassin im Wasser steht oder vielmehr schwimmt. Unter demselben liegen über dem Wasserspiegel die Mündungen des Zuleitungs- und des Abflußrohrs. Bei vermehrter Zuströmung hebt sich die Glocke über das sie außen umgebende Wasser und sinkt, wenn mehr Gas aus- als einströmt. Sie wird durch mehrere mit Laufrollen versehene Säulen in ihrer senkrechten Stellung gehalten und vor Schwankungen geschützt. Von dem Scheitel der Glocke, wenn sie klein ist, geht eine Kette nach oben und dann seitlich über ein paar Rollen nach außen, und am andern Ende der Kette hängt ein Gewicht. Ist der Gasbehälter größer, so sind an seinem äußeren Umfange mehrere Ketten vertheilt, deren Rollen dann auf den Pfeilern stehen, zwischen denen der Gasometer sich mit Friktionsrollen auf und ab schiebt. Diese Ketten wirken dahin, daß der Druck der großen Gasglocke auf das darunter befindliche Gas ein gleicher bleibt. Der Druck nämlich wird wachsen, je weiter der Gasbehälter sich aus dem Wasser erhebt, weil Eisen im Wasser weniger wiegt als außerhalb. In dem Maße aber als er sich hebt, geht auch mehr Kette über die Rollen und *zieht* nun auf der Außenseite, *entlastet* also den Gasometer, während er früher von denselben Kettentheilen *beschwert* wurde. Bei den größten Gasometern ist diese Art der Ausgleichung überflüssig. Die Menge des nach oben strebenden Gases steht dann gegenüber dem Gewicht des Eisenkörpers so im Vortheil, daß dieser sich unter allen Umständen hebt und es im Gegentheil nöthig werden kann, Gewichte ihm selbst oben aufzulegen, um einen gewissen Druck auf das Gas zu erzielen. Ein Druck, d. h. eine Spannung des Gases, welche größer ist als die der äußeren Luft, ist nothwendig, um das Gas in die Leitungen zu treiben. Dieser Druck offenbart sich dadurch, daß das Wasser im Innern des Gasometers tiefer steht als außerhalb. Nach dem Höhenunterschiede der beiden Wasserspiegel werden die Druckangaben gemacht, und so ist es zu verstehen, wenn von einem Druck von 4, 5 Centimeter u. s. w. die Rede ist. Um bei dem wechselnden Druck im Gasometer doch den Abfluß

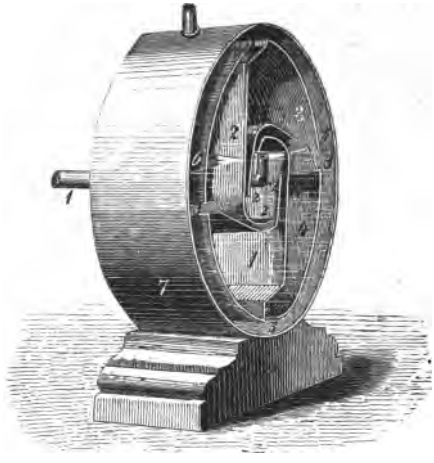


Ein Gasometer, im Durchschnitt.

zu den Röhrenleitungen möglichst gleichförmig zu erhalten, wird derselbe durch einen selbstthätigen Regulator ausgeglichen, bei welchem ein Kegelventil bei verstärktem Andrange sich mehr schließt und umgekehrten Falles mehr öffnet. Trotzdem bleiben infolge des im Laufe eines Abends vielfach wechselnden Verbrauchs der einzelnen Konsumenten noch Schwankungen genug übrig. Während man früher die Gashälter überbaute, läßt man sie jetzt gewöhnlich frei stehen; auch giebt es eine zweite Form derselben, die Teleskopgasometer, welche aus mehreren Abtheilungen bestehen, die sich wie die Stücke eines Fernrohrs ausziehen und zusammenschieben. Wie bei diesem, so stecken auch beim Gasometer, wenn er nichts enthält, die Stücke in einander. Bei der Füllung hebt das Gas erst das Mittel- oder Kopfstück. Bei diesem ist der untere Rand nach auswärts rundum so aufgekrempt, wie ein Filzhut an den Seiten, das folgende Ringstück aber hat seine Krämpe am Oberrande, und sie ist nach innen und unten gerichtet. Ist nun der Obertheil hoch genug aufgetreten, so greifen die beiden Krämpen in einander, das zweite Stück muß dem ersten folgen und da dessen Krämpe voll Wasser bleibt, so ist hiermit zugleich ein gasdichter Verschluß hergestellt. Die etwa noch weiter folgenden Abtheilungen sind ebenso verbunden. Diese Art von Gasometern sind besonders in England anzutreffen; auf dem Festlande hält man sich mehr an die einfachere Form einer umgekehrten Stürze oder Kappe. Aber es sind riesige Kappen, denen wir auf großen Gaswerken begegnen. Gar nicht selten ist ein Kaliber, das 10,000 Kubikmeter Gas faßt, wobei dann der Behälter etwa 13 Meter Höhe und 32 Meter Durchmesser hat. Es giebt aber auch noch größere von 15-, 20-, 25,000 Meter Räumlichkeit.

Bei Anlage eines großen Gasometers macht das Bassin, das in der Erde ausgeführt wird, den Eindruck eines großartigen Cirkus. Es soll möglichst ganz in den Boden versenkt sein; ist dies wegen der Beschaffenheit des letzteren nicht möglich und muß eine Dammschüttung zu Hülfe genommen werden, so kann, wie schon dagewesen, der ungeheuere Druck der nachfolgenden Wasserfüllung dieselbe sprengen und eine böse Ueberschwemmung entstehen. Die Wandungen des Bassins werden mit dem solidesten Mauerwerk oder, wo das Eisen wohlfeil ist, wie in England und Belgien, mit Platten von solchem verkleidet, der Boden mit Thon ausgestampft oder in anderer Weise gesichert. Dann wird das hölzerne Baugerüst für den Gasometer aufgestellt, ein künstliches System von solcher Zusammensetzung, daß wenn die Mittelsäule umgeworfen wird, sogleich Alles zusammenstürzt. Ueber diesem Gerippe wird nun von unten auf der Gasometer aus lauter Eisenplatten gebildet, die reihenweise durch manches Hunderttausend Niete zu einem Ganzen verbunden werden. Ist dies geschehen, so treten Dampfmaschinen an die Stelle der Werkleute, denn nun gilt es, das Bassin voll Wasser zu pumpen, was unter ein paar Wochen schwerlich zu beschaffen ist. Hat der Wasserstand eine gewisse Höhe erreicht, dann kommt der kritische Moment, wo die eingeschlossene Luft so viel Auftrieb gewinnt, daß der Eisenkoloß von seinem hölzernen Sitze loskommt, er schwimmt, oder — Alles schon dagewesen — er versinkt mit Schmerzensschrei in die Tiefe. Beim Zusammennieten des Gasometers, der im Vergleich zu seiner Größe doch immer ein sehr dünnwandiges

Ding ist, können sich nämlich in demselben allerlei Spannungen bilden, die erst Gelegenheit finden sich geltend zu machen, wenn er frei auf dem Wasser schwebt. Solche Spannungen aber werden meistens auf eine Formveränderung, auf ein Verziehen hinwirken, dem sehr leicht ein Platzen folgen kann, das dann seine Stelle längs der Niete hat, weil hier das Eisen durch die Nietlöcher an Haltbarkeit wesentlich eingebüßt hat. Entsteht aber erst eine Trennung, dann reißt es auch weiter und die eingesperrte Luft dringt mit Macht heraus. Hält sich aber der Gasometer brav, so wird erst mittels vorher angelegter Zugseile das Gerüste im Innern umgerissen und die schwimmenden Holzstücken mit Hakenstangen nach und nach hervorgeangelt; alsdann besteigen den Gasometer Leute und drehen einige Lufthähne auf, durch welche die Luft nun allmählich herauspfeift. Der Gasometer geht dabei sanft hernieder, und wenn er unten auf seinen Rasten aufsitzt, ist er auch bis oben mit Wasser gefüllt — und faßt nun, so lange er im Dienste ist, nie wieder Luft, sondern immer nur Gas oder Wasser.



Gasuhr, im Durchschnitt.

Durch ein System von weiten gußeisernen Hauptröhren und sich immer mehr verzweigenden Nebenröhren wird endlich das Gas zu den einzelnen Verbrauchsorten und Flammen geleitet. Die größeren Röhren sind nicht genau horizontal, sondern abwechselnd etwas ansteigend und abfallend gelegt, damit Wasser und Theer, die das Gas beständig und selbst bis zu den Brennern begleiten, nach bestimmten Punkten sich hinziehen, wo sie in geschlossenen Gefäßen sich sammeln und gelegentlich mit Handpumpen herausgezogen werden. Die dünnsten Gasröhren sind gewöhnlich von Schmiedeeisen, zuweilen auch von Blei.

Bevor das Gas bei den einzelnen Konsumenten zum Verbrauch gelangt, hat es einen sinnreichen Apparat zu passiren, welcher das Durchgegangene, mithin Verbrauchte, abmißt und registrirt. Die gebräuchlichste Form dieser Gasmesser oder Gasuhren ist die einer geschlossenen eisernen Trommel, in deren Innerem eine zweite in Zapfen laufende Trommel sich befindet. Letztere ist durch vier gekrümmte Scheidewände in vier Kammern abgetheilt, die sowol nach der Mitte der Trommel, wo das Gas durch ein Rohr eintritt, als auch am Umfange derselben Oeffnungen haben. Der ganze Apparat steht bis etwas über die Hälfte voll Wasser, so daß beim Umdrehen immer die untertauchenden Kammern Wasser aufnehmen, während die auftauchenden sich mit Gas füllen.

Die Umdrehung erfolgt durch den Druck des einströmenden Gases; dasselbe kann wegen des Wasserabschlusses immer nur eine Kammer auf einmal treffen und

sie füllen, wodurch diese Kammer aus dem Wasser emporgehoben wird; dann folgt die Füllung der zweiten und dann die der dritten. In dem Maße, wie die dritte sich hebt, taucht die erste wieder unter das Wasser und ihr Gasinhalt entweicht nach dem Scheitel des Apparates, wo das Abflußrohr einmündet. Da den Kammern eine bestimmte Größe gegeben und also bekannt ist, wie viel Gas bei einer Umdrehung der Trommel den Apparat passirt, so kommt es nur darauf an, die Umdrehungen zu zählen. Dies geschieht durch ein Räderwerk, das von der Achse der Trommel in langsame Bewegung gesetzt wird und auf zwei oder drei Zifferblättern die Zehner, Hunderte u. s. w. der Kubikmeter verbrauchten Gases angiebt. Oefter ist die Einrichtung der Art, daß die Zifferblätter selbst sich hinter einer Verdeckung drehen und immer nur die eben geltenden Ziffern in einem Ausschnitt sichtbar werden. Hier geschieht der Uebergang von einer Ziffer zur andern nicht allmählich, sondern sprungweise. Ein von dem nassen Gasmesser unzertrennlicher Uebelstand ist, außer daß er ganz einfrieren kann, noch der, daß der Wasserstand im Apparate sich allmählich ändert, indem Wassertheilchen mit dem Gase abdunsten. Steht aber der Wasserstand niedriger als er soll, so sind die Gaskammern geräumiger, und es geht auf eine Umdrehung mehr Gas hindurch als bestimmt ist. Wäre dagegen durch Nachgießen zu viel Wasser in den Apparat gekommen, so würde zum Nachtheil des Verbrauchers mit zu kleinem Maß gemessen werden. Es hat daher jeder Gasmesser eine Vorrichtung, um den Wasserstand prüfen und berichtigen zu können, was etwa alle vierzehn Tage vorgenommen werden muß. Neuerlich wird das Wasser der Gasmesser häufig durch Glycerin ersetzt, welches den Vorzug hat, nicht zu gefrieren und nicht zu verdunsten. Eine solche Füllung bleibt etwa vier Jahre dienstfähig, dann ist sie von aufgenommenen Unreinheiten schwarz und dick geworden. Man kann aber den Stoff wieder reinigen und weiter benutzen.

Die Endstücke der einzelnen Gasröhren bilden die Brenner, welche den Flammen ihre Form geben. Man hat an diesen Bestandtheilen sowol in Bezug auf das Material als die Einrichtung sehr viel versucht und geändert. Die aus Messing oder anderem Metall sind, obwol die gebräuchlichsten, doch nicht eben die dauerhaftesten, da die feinen Ausströmungsöffnungen mit der Zeit sich ausbrennen und zu weit werden. Man hat daher andere Materialien versucht, und es giebt sowol Porzellanbrenner als sogenannte Lavabrenner. Letztere sind die wohlfeilsten und der wohlklingende Name ist eine reine Gratiszugabe. Der Stoff ist nämlich simpler deutscher Speckstein; die Brenner werden in großen Mengen zu Nürnberg gemacht, und das Material dazu wird in der Gegend von Wunsiedel gegraben. Da diese Masse sich so bequem wie Meerschaum schneiden und bohren und nachgehends durch Glühen so stark härten läßt, daß sie selbst Glas ritzt, so ist sie zum Dienst als Brenner wie geschaffen. Die gewöhnlichsten Formen der Brenner sind folgende: 1. Der einfache Strahlenbrenner, bei welchem das Gas aus einem einfachen feinen Bohrloch austritt. Die schmale Flamme kann nur dienen, Treppen u. dgl. Räume nothdürftig zu erleuchten. 2. Der Fischschwanzbrenner. Bei ihm strömt das Gas aus zwei Kanälen, die sich oberhalb unter einem Winkel von 45^0 gegen einander neigen, so daß die

beiden Gasstrahlen in dieser Richtung sich begegnen und demzufolge die Flamme zu einem dünnen Blatt abgestumpft wird. Er eignet sich für Hausfluren, Wirthsstuben, Geschäftsräume u. dgl. 3. Der Fledermausbrenner, mit dem vorigen ähnlicher Flamme. Bei ihm endigt der Gaskanal in einem hohlen Knopfe, durch welchen von oben bis auf die Mitte ein feiner Einschnitt geht, durch den das Gas in Fächerform herausbrennt. Geeignet für Straßenbeleuchtung und für größere Räume, wo Luftzug herrscht. 4. Der Argand'sche Brenner ist eine Nachbildung der Argand'schen Lampe; seine Löcher stehen in einem Kreise, und die Flamme wird sowol innerlich wie äußerlich mit Luft gespeist. Er ist die eigentlich für Wohnräume passende Form und nutzt das Gas verhältnißmäßig am besten aus, da die Verbrennung bei ihm am vollständigsten ist. Er verlangt immer ein Zugglas. Eine eigenthümliche Beobachtung wurde vor einigen Jahren gemacht. Wenn man auf einem Brenner (ohne Zugglas) einen Platindraht von dieser Form ⊓ so anbringt, daß das horizontale Stück längs durch die Flamme geht, so wird bei gleicher Lichtentwicklung und ohne daß der Hahn anders gestellt wird, etwa $^1/_3$ weniger Gas verbrannt, als wenn der Aufsatz nicht da wäre. Es scheint sonach, daß der Draht, indem er die Flamme theilt, das Aufsteigen der Gastheilchen verzögert, während er zugleich zur Verstärkung der Hitze dient, in deren Folge das Leuchten intensiver wird.

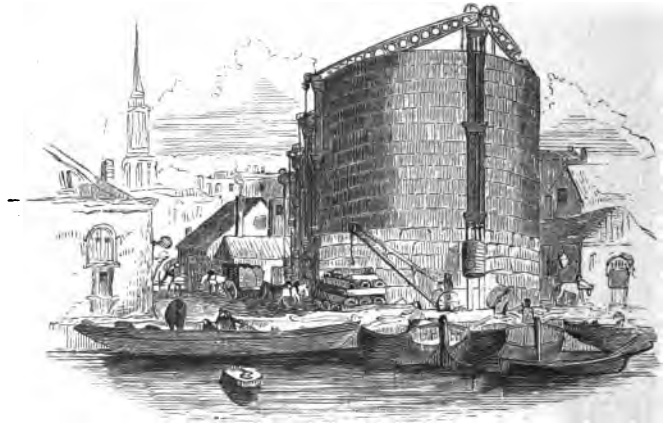
Ein völlig reines Gas giebt beim Verbrennen, wie schon gesagt, nur Kohlensäure und Wasserdampf. Ein Schwefelgehalt des Gases aber verwandelt sich in der Flamme in schweflige Säure, die den Lungen lästig fällt und die Farben an Zeugen u. s. w. zerstört. Der eigenthümliche Gasgeruch ist nur da zu spüren, wo das Gas unverbrannt ausströmen kann, was eben mit aller Vorsicht verhütet werden muß, da durch solches Ausströmen in geschlossenen Räumen die schwersten Unglücksfälle vorkommen können. Es ist in der That ein wahres Glück, daß das Gas so eigenthümlich übel duftet und also selbst das Warnungssignal giebt. Unheil aber kann es in zweierlei Weise anrichten: erstlich wirkt es, wenn es unvermischt eingeathmet wird, als ein so plötzlich tödtendes Gift, daß ein Athemzug völlig ausreicht und es zu einem zweiten wol gar nicht mehr kommt. Wenn in Gasanstalten die Arbeiter den Anweisungen zuwider die Gasometer höher emportreiben als es zulässig ist, so thun sie es auf die Gefahr hin, dabei umzukommen; denn es wird dadurch der Wasserverschluß zu knapp, und bei dem leisesten Wanken des Gasometers kann an einer Stelle unter seinem unteren Rande hinweg ein Schwall Gas hervorbrechen; stehen dort gerade Leute, so sind sie verloren. Sehr häufig aber sind die Fälle, wo entwichenes Gas sich mit Luft vermischt hat. Auch solche verpestete Luft ist gefährlich einzuathmen, wenn auch die Gasarbeiter gewöhnlich der Meinung sind, man könne das vertragen lernen. In Leipzig hat es sich zugetragen, daß ein Gasschlosser, der in einem Treppenhause an einer Leitung zu thun hatte, dabei zur Leiche wurde und als solche auf seiner Leiter auch ruhig stehen blieb. In wahrhaft tückischer Art wurde ein anderer junger Mann vom Gase im Schlafe gemordet und zwar in einem Hause, das gar nicht mit Gasbeleuchtung versehen war. Als er am Morgen todt gefunden wurde, roch es in der Kammer etwas nach Gas, und so lag wenigstens

die Todesursache vor. Das Gas aber mußte aus einer unterirdischen Rohrleitung stammen, welche durch die Straße ging und in der Nähe des Hauses geborsten war. Der böse Schaden hatte sich also unter Pflaster und Trottoir hin und in Mauerritzen aufwärts bis nach jener Schlafkammer gezogen. In anderer Weise sind bekanntlich solche Gemische von Gas und Luft gefährlich, wenn sie entzündet werden. Sie bilden in ihrer Vermischung eine Knallluft, die bei Annäherung eines Lichtes mit einer Kraft explodirt, daß selbst das Haus in Trümmer gehen kann. Es ist dieselbe Kraft, welche in den Gasmaschinen gezähmt und zu nützlichen Leistungen verwendet wird. Der Antheil Gas in dem Gemisch braucht nur wenige Prozente zu betragen. Selbst in Räumen, wo Personen ab und zu gehen und Luftwechsel stattfindet, kann sich unvermerkt ein solch schlagendes Wetter dicht unter der Decke bilden, zumal wenn diese hoch liegt. Achtsamkeit, Vorsicht ist also dringend geboten, damit der Segen des Gases sich nicht in Unheil verkehren soll. Denn ein Segen ist das Gas im Haus und auf der Straße, der besonders da ganz gewürdigt wird, wo keine Uebertheuerung des Gases stattfindet. In solchem Falle befindet sich z. B. Berlin, wo die zwei Anstalten so wohlthätig mit einander konkurriren, daß 25 Kubikmeter etwa $4\,^1/_2$ Mark kosten. Dadurch kann der geringste Geschäftsmann ein Gaskonsument werden und bekommt ohne alle Weitläufigkeit und kostenfrei die Röhren und Brenner angelegt bis in die entferntesten Winkel der Wohnung oder Werkstatt.

Unter der Bedingung der Wohlfeilheit des Gases wird ferner eine andere Benutzungsweise desselben möglich, die wahrscheinlich noch eine große Zukunft vor sich hat: die Benutzung als Heizmaterial in Oefen und Kochherden, als Kochflamme und überhaupt als Heizfeuer in Werkstätten und Laboratorien. Wir können bemerken, daß schon in einem von mehreren Gasflammen erhellten Raume eine anderweite Beheizung unnöthig wird; auch sehen wir wol über einer gewöhnlichen Gasflamme Wasser in einem Kessel erhitzen; dies ist aber nicht die richtige Anwendung, da der Kessel mit Ruß beschlägt, ein Beweis, daß die Verbrennung in der Leuchtflamme eine unvollkommene ist. Aber angenommen auch, daß, wie im Argandbrenner, alle Kohlentheilchen wirklich verbrennen, so geht doch die Verbrennung mit einer gewissen Langsamkeit vor sich, gleichsam in zwei Tempi, indem erst die Kohlentheilchen ins Glühen kommen und dann erst sich mit Sauerstoff zu Kohlensäure verbinden. Dieses Glühen des Kohlenstoffs macht aber eben das Leuchten aus. Wollen wir dagegen auf das Leuchten verzichten, so können wir die Verbrennung so leiten, daß sie viel rascher und vollständiger erfolgt, so daß es gar nicht zum Glühen und Leuchten kommt, und wir erhalten dann die ganze Hitze, die überhaupt erhalten werden kann und die viel größer ist als bei der gewöhnlichen Leuchtflamme. Dies läßt sich bewirken, wenn man, statt auf das Herantreten der äußeren Luft an die Flamme zu warten, das Gas vor dem Anzünden mit Luft mischt, so daß nun alle Theilchen, die sich im Brennprozeß verbinden sollen, schon dicht bei einander liegen. Gas und Luft geben aber, wie wir vorhin sahen, ein explodirendes Gemisch, und um dies benutzen zu können, ist eine Vorrichtung nöthig, die sich auf das Prinzip der Sicherheitslampe gründet. Der Techniker Elsner in Berlin war der Erste,

welcher der Sache die praktiſche Geſtalt gab und der mit ſeinen eleganten Oefen und Kochherden u. ſ. w. vielen Anklang gefunden. Er läßt die Gasröhre in ein metallenes Gefäß münden, das etwa wie ein umgekehrter Blumentopf ausſieht. Am unteren Rande ſind eine Anzahl Oeffnungen eingeſchnitten, die durch ein gleichfalls ausgeſchnittenes Ringſtück enger und weiter geſtellt werden können. Oben iſt das Gefäß mit einem engen Gewebe aus Kupferdraht geſchloſſen. Wird nun der Gashahn geöffnet, ſo miſcht ſich das Gas mit der Luft im Gefäß und das Gemiſch entweicht ſeiner Leichtigkeit wegen nach oben durch die Maſchen des Netzes, während von unten durch die Löcher immer neue Luft nachdringt. Oben angezündet erſcheint nun keine Leuchtflamme mehr, ſondern ein dünnes, blaſſes, wolkiges Feuer von ſolcher Hitzkraft, daß in erſtaunlich kurzer Zeit dabei geſotten und gebraten werden kann und ſelbſt Metalle raſch darin glühend werden. Soll eine ſolche Flamme zur Zimmerheizung dienen, ſo muß ſie der Sicherheit halber eine durchbrochene Ummantelung erhalten. Man giebt dieſer dann, aus Eiſenguß hergeſtellt, die Geſtalt eines zierlichen durchbrochenen Ofens, und damit die Sache noch hübſcher ausſehe, läßt man innerhalb deſſelben in einer Ecke noch einen Schnabel münden, der gewöhnliches Gas zuführt, das nun mit einer langen Flamme das Innere erleuchtet.

Und ſo hätten wir denn abermals in raſchen Schritten ein großes Gebiet durchwandert, auf welchem der ſtrebſame Menſch des Nützlichen und Schönen ſo Manches errungen hat. Auch hier ſehen wir ihn beſchäftigt mit der Veredlung roher Naturgaben, ein Thun, das ihn ſelbſt veredelt und auf der Stufenleiter der Kultur aufwärts führt.



Ende.

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.